


REVISTA BRASILEIRA DE ATUÁRIA

Ano VIII
Número 8
2024

.....

Judicialização na Saúde
Suplementar



O PAPEL DOS ATUÁRIOS EM MEIO AOS **RISCOS CLIMÁTICOS**

Chuvas devastadoras, secas severas e tempestades cada vez mais frequentes. Descubra como o trabalho estratégico dos atuários está ajudando a mitigar os impactos das mudanças climáticas e protegendo empresas e sociedade

IBA 
INSTITUTO BRASILEIRO DE ATUÁRIA

O MAIOR CONGRESSO DE TODOS OS TEMPOS

Nos dias 29 e 30 de agosto, o Instituto Brasileiro de Atuária realizou o **14º Congresso Brasileiro de Atuária**, no Hotel Windsor Barra, no Rio de Janeiro.

Sob o tema central "**Horizontes Atuariais: Explorando novas fronteiras tecnológicas**", o Evento foi realizado no formato de palestras silenciosas, com três palcos simultâneos, totalizando **22 palestras, 61 palestrantes e 22 moderadores**. As palestras transitaram pelas diferentes áreas como seguros, previdência pública e privada, saúde suplementar, capitalização, benefícios a empregados e perícia. Além de temas relevantes ao setor como empreendedorismo, riscos climáticos, tecnologia e inteligência artificial.

O evento teve recorde de público: foram 585 inscritos e 23 patrocinadores **e seu orçamento foi totalmente custeado pelas inscrições e patrocínios**.

Fiquem ligados, o próximo Congresso ocorrerá em 2026!

www.14cba.atuarios.org.br



AGRADECEMOS AOS PATROCINADORES:



www.atuarios.org.br

CONFIRA OUTRAS
FOTOS DO 14CBA
ESCANEE O
QR CODE



Índice

26

Em um contexto de incertezas climáticas, os atuários não são apenas calculadores de riscos, mas verdadeiros agentes de transformação, proporcionando a base para decisões que podem salvar vidas e preservar recursos. O olhar técnico e detalhado dos atuários é fundamental para um Brasil mais preparado para os desafios que os próximos anos certamente trarão.



Adobe Stock

Longevidade – viver mais sim. Mas com que qualidade?	6
Reflexo do comportamento das gerações em planos de saúde.....	12
Judicialização na saúde suplementar	18
Por que os atuários deveriam se aproximar dos debates de open insurance?	22
O papel dos atuários em um mundo cada vez mais exposto aos riscos climáticos	26
Ativos garantidores em RPPS: a ótica atuarial versus a tradicional.....	52
A importância do atuário na gestão do risco de frustração de benefício em planos CD	60
O futuro do seguro de pessoas.....	66
Entrada de geração futura, atuarialmente calculada, voltada para os regimes próprios de previdência social.....	72
Segmentação atuarial prudencial de planos de benefícios com análise de cluster	78
Reserva matemática e o Tema 955	88
Cálculo de Prêmios Puros com Conformal Prediction:	
Flexibilidade e Incerteza Independente do Modelo.....	96
Misturas de Valores Extremos: Aplicação em Atuária	120
Sustentabilidade Previdenciária: Análise da Taxa de Reposição no Regime de Previdência Complementar para Servidores Públicos	144

Diretoria

PRESIDENTE

Raquel Marimon - MIBA 931

VICE-PRESIDENTE:

Giancarlo Germany - MIBA 1020

DIRETOR FINANCEIRO:

Gabriel Satyro – MIBA 2799

Fábio Garrido – MIBA 1243

DIRETOR SECRETÁRIO:

Priscila Portal – MIBA 2654

Marco de Pontes – MIBA 712

DIRETOR DE PREVIDÊNCIA COMPLEMENTAR:

Daniel Conde - MIBA 2.126

Cristiane Corrêa - MIBA 2.113

DIRETOR DE SEGUROS:

Fernanda Chaves – 878

Lucas B. F. Vilas Boas – MIBA 2731

DIRETOR DE SAÚDE:

Glance Carvas - MIBA 1.640

Andrea Cardoso – MIBA 999

DIRETOR PUBLICAÇÃO:

Ivan Sant'Ana - MIBA 506

Marcos Barretto – MIBA 1202

JORNALISTA RESPONSÁVEL

André Carvalho - MTb 20.250

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO

Lionel Mota

REVISÃO

Carla Peixoto - MTb 21.072

INSTITUTO BRASILEIRO DE ATUÁRIA

Rua da Assembleia nº 10 salas 1304/05

Centro | Rio de Janeiro - RJ | CEP: 20011-901

Atendimento: De segunda à sexta

Horário: 10h às 18h

+55 21 2531-0267|2865

Site: www.atuarios.org.br


E-mail: iba@atuarios.org.br


Mídias Sociais:

 InstitutoBrasileirodeAtuaria

 iba-instituto-brasileiro-de-atuaria/

 atuarios

 @iba_atuarios

 @iba_atuarios



RAQUEL MARIMON, PRESIDENTE DO IBA

Talento, Originalidade, Protagonismo e Superação

Nos últimos anos temos dedicado a capa da revista para mostrar a força da profissão e o papel do atuário no mundo. Nesta edição vamos demonstrar a forte ligação entre a atuária e os impactos ao meio Ambiente, Sociedade e Governança – ASG. Você terá a oportunidade de acessar conteúdos relevantes sobre a entrada de geração futura e ativos garantidores, assim como as reservas matemáticas em RPPS, a judicialização na saúde e o tema 955 sobre reservas matemáticas em previdência. Entenda mais sobre a frustração dos planos de previdência em contribuição definida e a segmentação atuarial prudencial além de atualizar-se sobre o *open insurance*, o futuro nos seguros de pessoas, as diferenças comportamentais em planos de saúde, longevidade e saúde. Conheça ainda os ganhadores do Prêmio Frischtack e seus artigos, assim como os ganhadores do Prêmio Atuário TOP, na sua primeira edição. O prêmio busca reconhecer jovens atuários que têm uma história para contar e que brilham por seu Talento, Originalidade, Protagonismo ou Superação.

Neste ano fizemos um esforço adicional para reconquistar a parcela de atuários que deixaram de estar próximos de nosso Instituto. Dos mais de 4 mil sócios, 2.095 estão ativos. O sentimento de pertencimento que a comunidade atuarial promove em nós tem altíssimo valor, os atuários do Brasil fazem parte do IBA e #oibasomosnos. Nos alegra perceber pelo cadastro do IBA que temos igualdade na distribuição entre os sexos e que 25% têm pós-graduação, 5% conquistaram o título de mestre e 1% o título de doutor. Dos nossos sócios ativos, 26% falam um segundo idioma, 9% falam mais de dois idiomas além do português e temos 21 pessoas que são fluentes em mais de três! Mantenha seu cadastro atualizado e compartilhe suas conquistas conosco.

Os articulistas convidados para esta edição são vozes representativas que ajudaram a construir os **80 anos do IBA** com Talento, Originalidade e muito Protagonismo, superando todas as adversidades. A organização desta publicação é um trabalho colaborativo de toda diretoria do IBA. Neste momento em que chegamos ao final de 2024 gostaria de agradecer a todos os membros que se dedicam na construção de um Instituto cada vez mais reconhecido pela comunidade atuarial e pelos mercados em que o atuário pratica sua arte.

Adobe Stock



LONGEVIDADE – VIVER MAIS SIM. MAS COM QUE QUALIDADE?

Divulgação



ROSANA NEVES

ASSESSORA DA GERÊNCIA DE PRODUÇÃO DE INFORMAÇÕES DA ANS

Diversos estudos vêm sendo empreendidos para dar conta dos desafios do envelhecimento populacional e da longevidade. A chamada “economia prateada” prenuncia uma série de oportunidades para atender às demandas específicas da onda grisalha que se dará muito em breve na população brasileira. Os campos de atuação são diversos: serviços de cuidadores, habitação, turismo, saúde mental, mobilidade, finanças, educação, entretenimento e força de trabalho. Quais inovações vêm sendo discutidas para promover a qualidade de vida dos idosos, atuais e futuros?

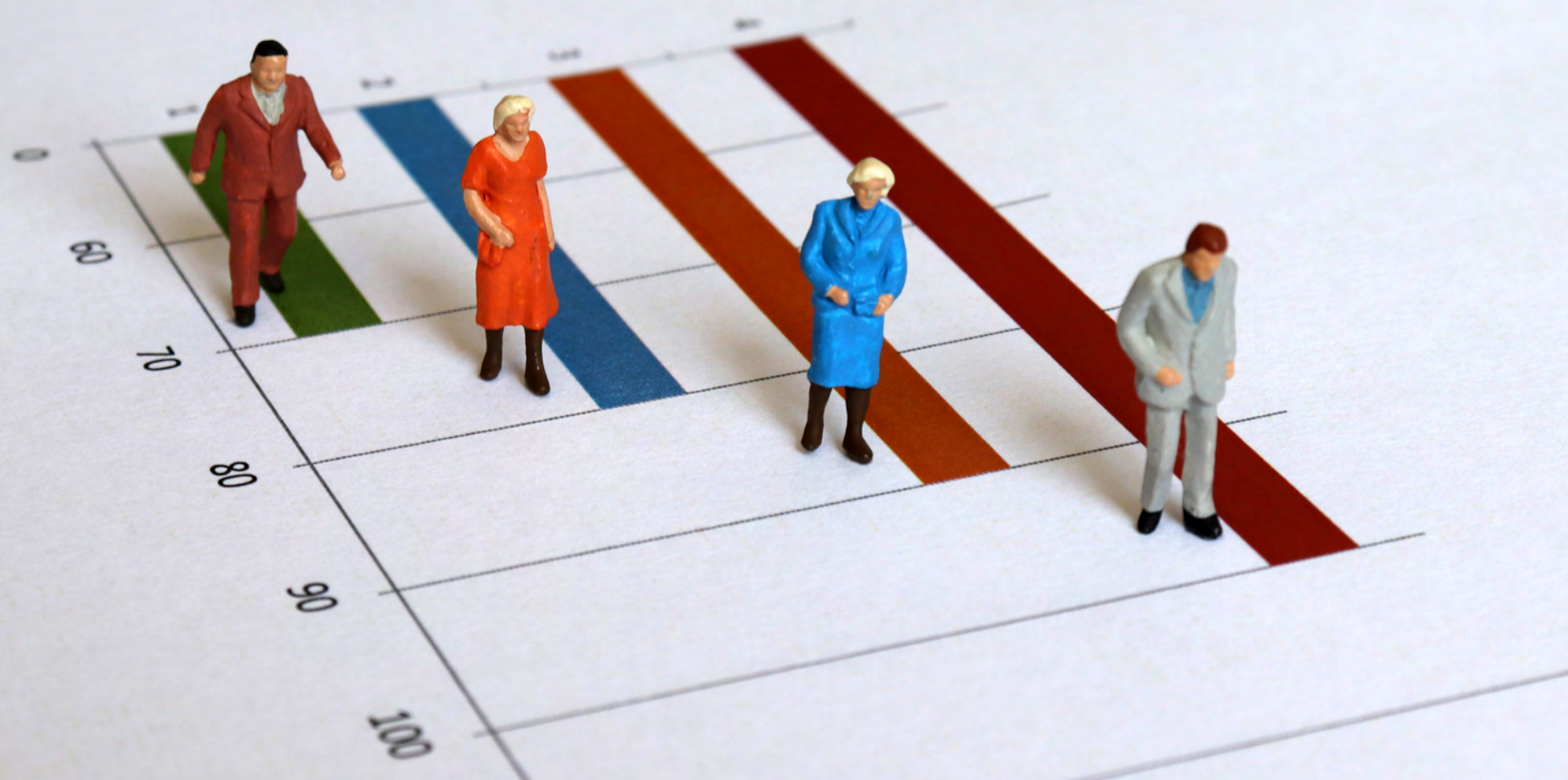
No campo da demografia, as

projeções atuariais têm avançado para descrever não apenas quanto tempo, em média, as pessoas vão viver, mas o quão granular essas previsões podem ser feitas para reduzir incertezas. Em um estudo denominado “My longevity”, desenvolvido no Reino Unido pelo *Institute and Faculty of Actuaries - IFOA*¹, o método para cálculo da expectativa de vida considerou a redução de riscos proporcionada pelos avanços médicos e intervenções de saúde. Utilizando as distribuições de sobrevivência pelos métodos de Gompertz ou de Weibul, em combinação com o modelo de Cox, Kulinskaya et al. (2020b)² observou importantes ganhos na expectativa de vida individual e em populações com risco homogêneo, atrelada à prescrição de estatina, o que reduz o risco de ataque cardíaco ou de acidente vascular cerebral.

Nesta mesma seara, uma aplicação atuarial que pode contribuir para

¹ https://www.actuaries.org.uk/system/files/field/document/Documentation_of_mylongevity.pdf

² Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167668720300500> e <<https://doi.org/10.1016/j.insmatheco.2020.04.006>>



Adobe Stock

“

A chamada 'economia prateada' prenuncia uma série de oportunidades para atender às demandas específicas da onda grisalha que se dará muito em breve na população brasileira

”

e frutas frescas, álcool, açúcar, fritura, cereais, café, chá; exposição ao sol.

Nível educacional e renda familiar

A partir destes resultados, é apresentado um plano de longevidade, que inclui passos imediatos e passos de longo prazo. Os passos imediatos são recomendações que devem ter início o mais breve possível, para ter impacto nas projeções futuras, retardando ou eliminando os anos de incapacidade, tais como: a prática diária de exercícios físicos, a adesão a um plano alimentar, cuidados para higiene do sono e uso de proteção durante a exposição ao sol. Os passos de longo prazo determinarão quem será o responsável pela administração dos bens da pessoa e tomada de decisões quando ela estiver incapacitada. Essa fase pode incluir decisões sobre moradia – onde a pessoa deseja morar; o que fazer com os bens materiais; destinação de animais de estimação; expectativas para a fase dependente e planos de fim de vida. É recomendada a impressão e assinatura do plano de longevidade, para que seja discutido com familiares e conselheiros que possam vir a ser tutores em caso de incapacidade.

melhorar a qualidade de vida individual é avaliar os estágios da longevidade em termos de autonomia – *able, less able; e dependent*. Há, por exemplo, um serviço privado na Austrália³ que simula a expectativa de vida, com base em diversas variáveis descritas a seguir. Ao realizar um autoteste, os resultados foram: 21 anos sem deficiências; 9 anos com algumas deficiências, porém ainda vivendo com independência e os 6 últimos anos de vida com limitações severas – físicas ou mentais – precisando de suporte contínuo.

³ <https://mylongevity.com.au/Analyser.aspx?PageSection=IntroPage&Questions=9&Pool=n/a>

Variáveis analisadas para estimativa da esperança de vida e dos anos de autonomia:

Sexo e Idade

Fatores externos – lugar onde vive; exposição à poluição do ar; trabalhar sentado; dirigir mais de 40 mil km no ano; interagir com amigos semanalmente; ter um animal de estimação; sentir-se só; visita a familiares.

Saúde – pressão arterial; colesterol; qualidade do sono (mais de 5 e menos de 10h); funcionamento do intestino; histórico de AVC ou ataque cardíaco; sobrepeso; prática regular de exercícios.

Atitude – gosta do trabalho; tem prazer em encontrar amigos/

familiares; formas de se livrar do stress; contentamento com a vida amorosa; com o passar da idade, as coisas estão melhorando; se sente com mais vigor; se sente só; é menos feliz; se sente menos útil; ou está melhor do que pensava.

Histórico Familiar – seus pais passaram dos 85 ou 80 anos; seus parentes de 1º grau tiveram câncer, diabetes ou doença do coração antes dos 50 anos; seus pais morreram por doença ou requereram cuidados diários antes dos 75 anos; alguém da sua família viveu até os 90 com saúde excelente.

O que entra no seu corpo (eating) – uso de tabaco por dia; consumo de carne semanal; consumo de verduras

“

Não se pode perder de vista que as desigualdades de rendimento e de riqueza se traduzem diretamente em desigualdades de vida e de saúde (McDonald S., ILC) e, por isso, as políticas públicas terão maior impacto na qualidade de vida da população.

”

Percebe-se, portanto, que a partir de um cálculo atuarial é possível provocar uma mudança de comportamento e conscientização para conduzir um envelhecimento ativo ao longo da vida, que compreende um “conjunto de estratégias orientadas para a manutenção da capacidade funcional e da autonomia dos indivíduos, incorporando ações para a promoção da saúde em todas as faixas etárias, desde o pré-natal até as idades mais avançadas” (ANS, 2011)⁴.

Ou seja, o envelhecimento populacional não é uma agenda para o futuro, mas precisa ser tratado como um compromisso para o hoje, conforme mencionou Kalache na publicação de 2023 “Doenças crônicas e longevidade: desafios para o futuro”⁴.

4 Agência Nacional de Saúde Suplementar (Brasil). Cartilha para a modelagem de programas para promoção da saúde e prevenção de riscos e doenças / Agência Nacional de Saúde Suplementar (Brasil). – Rio de Janeiro: ANS, 2011. 80 p. Disponível em: < https://www.gov.br/ans/pt-br/arquivos/assuntos/espaco-da-operadora-de-plano-de-saude/compromissos-e-interacoes-com-a-ans/programas-ans/cartilha_promoprev_web.pdf >

Segundo Veras⁵, apesar dos avanços da tecnologia, da ciência e da medicina, a grande maioria dos brasileiros já envelhecidos ou prestes a chegar ao marco dos 60 anos ainda não tem acesso aos cuidados necessários.

Num exercício de futurologia, que demanda ações imediatas, vislumbram-se algumas prioridades na oferta de serviços de empresas que atuam no setor securitário – previdência, saúde, vida, mercado de produtos e serviços para a população idosa. É constatado que mulheres vivem mais que os homens, porém, com mais comorbidades, afetando a qualidade nos anos de vida ganhos com a longevidade. Assim, programas de prevenção de doenças e promoção da saúde da mulher, ofertados por operadoras de planos de saúde, podem facilitar e desburocratizar a atenção a esta área. A abordagem *patient centered*, com o paciente no foco, elimina etapas de autorização e busca de resultados, para que as mulheres possam ter a orientação e o cuidado adequado e oportuno.

Algumas seguradoras do ramo de seguros de vida oferecem desconto nos prêmios/contraprestações para beneficiários que completarem exercícios regulares monitorados por dispositivo (*Wearables*) aprovado e fornecido no ato da contratação.

Há também operadoras de planos de saúde ofertando especializações em gerontologia para médicos da

5 Doenças crônicas e longevidade: desafios para o futuro / organizado por José Carvalho de Noronha, Leonardo Castro, Paulo Gadelha. – Rio de Janeiro: Edições Livres; Fundação Oswaldo Cruz, 2023 <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/57831>



Adobe Stock

rede própria, visando a mudança em seu modelo de cuidado e a obtenção da certificação em Boas Práticas em Atenção Primária à Saúde (APS)⁶ da Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS). Segundo as estatísticas da publicação Demografia Médica no Brasil, em 2021 apenas 0,7% dos médicos residentes cursavam a especialidade geriatria (Scheffer, M. et al., 2023)⁷. A Lei n. 10.741/2003, conhecida como Estatuto da Pessoa Idosa, prescreve (art. 22) que deve ser promovida a inclusão do conhecimento gerontológico nos currículos de vários níveis de ensino.

Em suma, são necessárias muitas

6 <https://www.gov.br/ans/pt-br/assuntos/gestaosaude/programa-de-certificacao-de-boas-praticas-em-atencao-a-saude-1>

7 SCHEFFER, M. et al. Demografia Médica no Brasil 2023. São Paulo, SP: FMUSP, AMB, 2023. 344 p. ISBN: 978-65-00-60986-8. Disponível em: < https://amb.org.br/wp-content/uploads/2023/02/DemografiaMedica2023_8fev-1.pdf >

mudanças para garantir modelos de cuidados de longo prazo equitativos e sustentáveis para os idosos, com foco num envelhecimento saudável. Há inúmeras publicações sobre o tema⁸, com experiências, dados, recomendações e inovações de países que já passaram pelo bônus demográfico e estão experienciando a alta proporção de idosos em suas populações. Não se pode perder de vista que as desigualdades de rendimento e de riqueza se traduzem diretamente em desigualdades de vida e de saúde (McDonald S., ILC) e, por isso, as políticas públicas terão maior impacto na qualidade de vida da população. ⌚

***O texto não reflete a visão institucional da ANS sobre o tema, mas sim o ponto de vista pessoal da autora**

8 tanto de instituições Brasileiras - FIOCRUZ, IPEA, IBGE - quanto internacionais – WHO, Sites de universidades, associações atuariais e consórcios de países.

REFLEXO DO COMPORTAMENTO DAS GERAÇÕES EM PLANOS DE SAÚDE



Divulgação



GUSTAVO MEILO
 ATUÁRIO,
 RESPONSÁVEL
 TÉCNICO ATUARIAL
 DA SAMI SAÚDE

O setor da saúde suplementar está imerso em um processo de transformação constante, impulsionado por fatores como a evolução tecnológica, as mudanças demográficas e as novas demandas dos consumidores. Ao passo que a transição demográfica, com o aumento da expectativa de vida e a mudança na pirâmide etária, a evolução tecnológica, com a oferta de novas soluções digitais, e os fatores socioeconômicos, como renda e nível de educação, são elementos interligados que moldam as necessidades e expectativas de cada grupo etário.

Dentro deste contexto multifatorial, o presente texto tem a intenção de

trazer visibilidade a um destes fatores que é a análise do comportamento das gerações em beneficiários de planos de saúde. Porém, é necessário reforçar a necessidade da adoção de uma visão 360° para a gestão de riscos, possibilitando identificar e mitigar, garantindo a competitividade e sustentabilidade das empresas.

Dando continuidade, é importante deixar claro que os dados utilizados são de despesas e beneficiários, em produtos na modalidade pré-pagamento, de operadoras de saúde de médio porte do Brasil, no período entre janeiro/2022 e junho/2024. A seguir é apresentado o quadro 1 contendo as gerações e os seus respectivos anos de nascimento, ressaltando que não há um consenso exato para a definição dos anos de nascimento.

Tabela 1

Quadro 1. Geração e anos de nascimento

Geração	Anos de Nascimento
Grande Depressão	1928-1945
Baby Boomers	1946-1964
Geração X	1965-1980
Geração Y/Millennials	1981-1996
Geração Z	1997-2012
Geração Alpha	2013 em diante

Fonte: The Center for Generational Kinetics

Tabela 2. Análise descritiva dos beneficiários.

Geração	2022		2023		2024	
	Feminino	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino	Masculino
Grande Depressão	0,04%	0,01%	0,03%	0,01%	0,02%	0,01%
Baby Boomers	0,98%	0,88%	0,85%	0,64%	0,71%	0,59%
Geração X	8,87%	7,09%	8,27%	6,24%	7,98%	6,04%
Geração Y/Millennials	30,71%	28,01%	30,84%	26,38%	30,71%	25,04%
Geração Z	9,91%	7,90%	11,34%	8,68%	12,09%	8,89%
Geração Alpha	2,66%	2,93%	3,31%	3,43%	3,93%	3,99%
Total	53,17%	46,82%	54,63%	45,37%	55,44%	44,56%

Fonte: Elaboração própria

Elucidados os parâmetros e partindo para análises iniciais, a tabela 1 demonstra a subdivisão utilizada para as análises bem como a proporção por geração e sexo dos beneficiários.

A tabela 2 revela uma dinâmica interessante na composição dos beneficiários em estudo. A predominância da Geração Y/Millennials mostra um alinhamento com o censo populacional brasileiro mais recente e com dados de beneficiários da saúde suplementar, indicando uma correlação entre os beneficiários do estudo e a estrutura do setor. Um fator que pode explicar uma maior relevância dessa geração é sua entrada no mercado de trabalho. No entanto, a análise comparativa entre os anos demonstra

uma tendência de crescimento das gerações mais jovens, como a Z e a Alpha, sugerindo uma adaptação dos planos de saúde às novas demandas e perfis de consumo dessas gerações.

Gerir os custos assistenciais é um desafio constante para as operadoras. A tabela 3 demonstra que os custos médios variam significativamente entre as gerações, destacando a geração Alpha pelo aumento expressivo nos custos em 2024, enquanto a Geração Baby Boomer apresenta uma queda significativa no mesmo período.

Para otimizar a gestão de custos, é fundamental entender os fatores que influenciam esses valores. A Tabela 4, que apresenta a frequência de utilização por geração de procedimentos que

Tabela 3. Proporção da despesa assistencial por sexo e geração.

Geração	2022		2023		2024	
	Feminino	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino	Masculino
Grande Depressão	0,70%	0,43%	0,27%	0,11%	0,01%	0,02%
Baby Boomers	1,98%	1,97%	1,22%	1,01%	0,90%	0,48%
Geração X	12,42%	10,62%	12,46%	8,21%	10,62%	6,65%
Geração Y/Millennials	31,62%	19,23%	37,59%	18,04%	36,21%	17,95%
Geração Z	13,36%	3,48%	10,22%	4,34%	11,01%	5,39%
Geração Alpha	1,94%	2,24%	2,87%	3,65%	3,54%	7,22%
Total	62,03%	37,97%	64,63%	35,36%	62,30%	37,70%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 4. Frequência de utilização per capita mensal.

Procedimentos	Geração	01/2022 a	07/2022 a	01/2023 a	07/2023 a	01/2024 a
		06/2022	12/2022	06/2023	12/2023	06/2024
Consultas	Grande Depressão	0,614	0,618	0,395	0,405	0,387
	Baby Boomers	0,409	0,598	0,526	0,352	0,354
	Geração X	0,553	0,579	0,510	0,357	0,360
	Geração Y/Millennials	0,554	0,580	0,529	0,358	0,356
	Geração Z	0,468	0,513	0,465	0,312	0,304
	Geração Alpha	0,361	0,373	0,330	0,237	0,224
Pronto Socorro	Grande Depressão	0,114	0,176	0,116	0,108	0,097
	Baby Boomers	0,052	0,081	0,075	0,073	0,086
	Geração X	0,055	0,071	0,080	0,080	0,095
	Geração Y/Millennials	0,057	0,075	0,089	0,087	0,113
	Geração Z	0,063	0,080	0,100	0,100	0,129
	Geração Alpha	0,112	0,171	0,200	0,187	0,217
Exames de Rotina	Grande Depressão	0,909	0,529	0,558	1,054	0,323
	Baby Boomers	0,989	1,967	1,980	1,407	1,595
	Geração X	1,267	1,737	1,654	1,671	1,691
	Geração Y/Millennials	1,095	1,500	1,522	1,468	1,530
	Geração Z	0,690	1,052	1,021	1,011	1,036
	Geração Alpha	0,166	0,349	0,304	0,299	0,322
Nutrição	Grande Depressão	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Baby Boomers	0,001	0,004	0,009	0,007	0,010
	Geração X	0,003	0,008	0,010	0,013	0,011
	Geração Y/Millennials	0,006	0,013	0,017	0,018	0,017
	Geração Z	0,006	0,014	0,016	0,017	0,018
	Geração Alpha	0,002	0,002	0,004	0,003	0,004

Fonte: Elaboração própria

podem ser considerados preventivos, complementa essa análise ao fornecer informações sobre o perfil de comportamento de cada grupo. Ao cruzar os dados das duas tabelas, é possível identificar oportunidades para otimizar a utilização dos serviços e reduzir os custos, sem comprometer a qualidade do atendimento.


A tabela 4 apresenta um panorama interessante sobre o comportamento das diferentes gerações em relação à utilização de serviços de saúde. Observa-se uma

tendência de redução na frequência de consultas médicas ao longo do período analisado, o que pode estar relacionado à maior conscientização sobre a prevenção de doenças e à busca por alternativas de cuidado. Por outro lado, a frequência de realização de exames de rotina apresentou um aumento, especialmente entre as gerações mais jovens, indicando uma maior preocupação com a saúde preventiva. A utilização de serviços de emergência também varia entre as gerações, com as mais jovens



Adobe Stock

digitais, tornando a telemedicina uma opção natural para seus cuidados de saúde. A conveniência e a flexibilidade oferecidas pela telemedicina, como a possibilidade de realizar consultas no conforto de casa, são fatores que impulsionam essa adoção. Por outro lado, as gerações mais velhas, como a Geração X, Baby Boomers e Grande Depressão, demonstram uma maior resistência à mudança, preferindo o atendimento presencial. No entanto, mesmo nesses grupos, observa-se um aumento gradual na utilização da telemedicina, indicando uma adaptação gradual aos novos modelos de cuidado.

A análise da utilização de serviços de saúde por diferentes gerações revela um cenário dinâmico e em constante transformação. A evolução tecnológica, as mudanças demográficas e as novas demandas dos consumidores impactam diretamente o comportamento dos beneficiários de planos de saúde. A geração Y/Millennials se destaca como a mais numerosa e com maior adesão a novas tecnologias, como a telemedicina. No entanto, a análise por faixa etária demonstra que todas as gerações estão se adaptando aos novos modelos de cuidado, cada qual a seu tempo e ritmo. A compreensão dessas dinâmicas é fundamental para que as operadoras de saúde possam oferecer soluções personalizadas e eficientes, garantindo a satisfação dos seus beneficiários e a sustentabilidade do negócio. A gestão de custos, a otimização da utilização dos serviços e a adaptação às novas tecnologias são desafios que exigem uma visão estratégica e a capacidade de acompanhar as mudanças do mercado. 

apresentando maior frequência.

Ao comparar as gerações, nota-se que as mais velhas tendem a utilizar mais os serviços de saúde, especialmente consultas médicas e exames de rotina. Isso pode estar relacionado a um maior número de

doenças crônicas e à necessidade de acompanhamento médico mais frequente. As gerações mais jovens, por sua vez, apresentam um perfil de utilização mais dinâmico, com maior frequência de utilização de pronto-socorro e menor frequência de

consultas médicas. Essa diferença pode refletir mudanças nos hábitos de vida, maior acesso à informação e utilização de tecnologias digitais.

Com a mudança de hábitos de vida e a evolução tecnológica, o mercado de saúde suplementar buscou novas formas de atender seus beneficiários com praticidade. Uma destas formas são as consultas via telemedicina. A necessidade de distanciamento social e a sobrecarga dos hospitais causados pela pandemia do COVID-19 impulsionaram a busca por alternativas de atendimento de forma exponencial.

A Tabela 5 evidencia um crescimento notável na utilização da telemedicina, especialmente entre as gerações mais jovens. Essa tendência reflete a crescente familiaridade das gerações Y, Z e Alpha com tecnologias

Tabela 5. Proporção de consultas eletivas presenciais vs via telemedicina

Geração	01/2022 a 06/2022		07/2022 a 12/2022		01/2023 a 06/2023		07/2023 a 12/2023		01/2024 a 06/2024	
	% Presencial	% via Telemed	% Presencial	% via Telemed	% Presencial	% via Telemed	% Presencial	% via Telemed	% Presencial	% via Telemed
Grande Depressão	85,19%	14,81%	80,95%	19,05%	76,47%	23,53%	80,00%	20,00%	83,33%	16,67%
Baby Boomers	66,12%	33,88%	73,95%	26,05%	73,84%	26,16%	71,38%	28,62%	68,32%	31,68%
Geração X	64,70%	35,30%	68,08%	31,92%	69,52%	30,48%	64,62%	35,38%	58,30%	41,70%
Geração Y/Millennials	60,42%	39,58%	64,63%	35,37%	66,13%	33,87%	61,90%	38,10%	50,72%	49,28%
Geração Z	58,24%	41,76%	63,21%	36,79%	66,78%	33,22%	63,10%	36,90%	48,91%	51,09%
Geração Alpha	63,26%	36,74%	68,73%	31,27%	74,90%	25,10%	79,10%	20,90%	71,22%	28,78%
Total	61,09%	38,91%	65,27%	34,73%	67,24%	32,76%	63,53%	36,47%	52,86%	47,14%

Fonte: Elaboração própria

JUDICIALIZAÇÃO NA SAÚDE SUPLEMENTAR

Divulgação



LUIS ONIDA

SÓCIO DO GRUPO
CONTEXTO
– SOLUÇÕES
TÉCNICAS EM LIDES
JUDICIAIS

Esse artigo não pretende apresentar ideias ou até mesmo soluções para desagravar a crescente judicialização na Saúde Suplementar, mas traz pela ótica de um atuário – que por mais de uma década exerce funções de perito e assistente técnico judicial – uma constatação sincera sobre a dificuldade que as operadoras possuem em se defender.

São várias as razões pelas quais se transfere para o Estado pedidos de garantia do direito à saúde e de solução de conflitos. Podemos enumerar as principais razões que motivam os processos judiciais por parte do consumidor, para tanto, destacam-se:

- Reajuste anual dos planos coletivos empresariais e por adesão, por força da composição do índice final pela Sinistralidade e Variação Custo Médico/Hospitalar, em livre negociação e sem intervenção da ANS;
- Reajuste por reenquadramento etário, incluindo o conflito do custeio por faixa etária assumido pelos inativos, quando

estes deixam de ser ativos nas empresas, cuja mensalidade era por preço médio “per capta” e da aplicação das faixas etárias em contratos e entidades de autogestão que trabalhavam com custo médio;

- Cancelamento unilateral de contratos, que muitas vezes acontece sem uma justificativa explícita, atingindo idosos, crianças, portadores de deficiência, pacientes que precisam de tratamentos contínuos, cujo dissabor está restringido a um número muito pequeno de contratos, apesar de ser um instrumento previsto pelos planos coletivos;
- Negativa de cobertura assistencial, notadamente após o fim do rol taxativo, obrigando as operadoras a cobrirem custos não dimensionados na precificação atuarial, cujos custos são trazidos pelo rol exemplificativo, agravada pela presença do espectro autista cada vez mais presente nas crianças e jovens;
- Alteração na rede credenciada ou descredenciamento de clínicas e de profissionais nos casos em que ficaram comprovadas práticas abusivas, como a cobrança de valores exorbitantes na prestação do serviço e o exagero na dosimetria da terapia;
- Limitação de reembolsos de procedimentos médicos;
- Danos morais e materiais por serviços médicos mal prestados.

O número de processos movidos contra operadoras de planos de saúde chegou a 234.111 mil em 2023, sendo mais de 76 mil só no Estado de São Paulo. Nos anos anteriores tivemos aproximadamente em 2020, 146 mil, em 2021, 153 mil e em 2022, 176 mil. Desde



O número de processos movidos contra operadoras de planos de saúde chegou a 234.111 mil em 2023, sendo mais de 76 mil só no Estado de São Paulo. Nos anos anteriores tivemos aproximadamente em 2020, 146 mil, em 2021, 153 mil e em 2022, 176 mil. Desde 2016, as empresas já gastaram R\$ 22,2 bilhões com os processos, chegando a R\$ 17 bilhões nos últimos 5 anos e em 2023 atingiu a marca dos R\$ 5,5 bilhões.



2016, as empresas já gastaram R\$ 22,2 bilhões com os processos, chegando a R\$ 17 bilhões nos últimos 5 anos e em 2023 atingiu a marca dos R\$ 5,5 bilhões.

A judicialização chegou a um tal termo que as operadoras não conseguem cumprir com algumas decisões judiciais e ainda enfrentam a litigância predatória de advogados e prestadores de serviços que incentivam beneficiários a demandar judicialmente contra operadoras, em vez de buscar a conciliação com o apoio da ANS em seu portal de reclamações.

Todavia, parte da promoção do crescimento das ações judiciais são provenientes das próprias operadoras contra os consumidores e outros *players* do mercado, que avançam sem medidas nas fraudes contra os planos de saúde. Hoje, até inteligência artificial está sendo usada para mapear e controlar as faturas que chegam para as operadoras pagarem. Uma minoria enriquece às custas dos planos e dos beneficiários, que acabam pagando

a conta, porque todas essas despesas fraudulentas desembocam em reajustes mais altos e, conseqüentemente, pioram a rentabilidade do setor.

Outra razão que fere o sistema da saúde suplementar são as inusitadas revogações de tutelas antecipadas quando uma operadora é compelida por uma decisão judicial a autorizar uma cirurgia e os materiais necessários para um paciente ou uma redução da mensalidade. Posteriormente a tutela é revogada, e na maioria das vezes a operadora fica com o prejuízo financeiro.

No período pós-pandemia, o setor da saúde suplementar começa a intensificar o movimento da verticalização e consolidação. O setor passa a ampliar parcerias e aquisições envolvendo as operadoras, administradoras e empresas de rede aberta (hospitais e clínicas que atendem a clientes de diferentes planos), buscando “dividir as dores”, reduzir custos, promover reajustes menores, oferecer preços mais acessíveis ao consumidor, promovendo menos judicialização e mais competitividade.

Trago aqui por força de meu labor pericial um claro sentimento de consciência e esforço da regulação e do judiciário em mitigar a judicialização e o direito de defesa das operadoras, respectivamente, quando citadas a contestar e fazer prova ao contrário nas ações movidas contra elas. Isso ocorre especialmente nas lides de reajustes, entretanto essas oportunidades são dispersadas pelas operadoras e os peritos judiciais atuariais nada podem fazer a não ser informar o descumprimento ao juízo. Então vejamos:

1. Quando se trata de reajustes anuais, o judiciário julga o pleito baseado na

regulação – Resolução Normativa ANS Nº 509 de 30.03.2022 – que trata da transparência da informação. Seu Art. 14 traz que “a operadora deverá disponibilizar à pessoa jurídica contratante de plano coletivo empresarial ou por adesão, com formação de preço pré-estabelecido, assim definidos na RN nº 85/2004, um extrato pormenorizado contendo os itens considerados para o cálculo do reajuste conforme cláusula contratual ou estabelecido em negociação”. Todavia, os percentuais são apresentados totalizados na grande maioria das cartas de comunicação de reajuste anual, sem uma clara explanação matemática de como foram encontrados os reajustes Técnicos ou Sinistralidade e o Financeiro, VCMH ou inflação médica, dentro das fórmulas expostas no contrato. Este cenário se agrava porque a maioria das ações não inclui nos autos o cálculo detalhado, na esperança do perito validar e o juízo se dar por satisfeito, cabendo-lhe o julgamento;

2. Quando se trata de reajustes por reenquadramento etário, o judiciário se posicionou nos Temas STJ 952 (planos individuais) e 1016 (planos coletivos). Compreendendo a importância das faixas etárias, sobre o que deve ser observado para validade dos percentuais – partindo da premissa que devam constar no contrato, atender às regras de sua composição e distribuição, em acordo com a resolução normativa da época e que sejam oriundas de base idônea atuarial. Dentro da exigência técnica-atuarial dos peritos, deve ser anexada aos autos a Nota Técnica Atuarial ou a de Registro



Dentro da exigência técnica-atuarial dos peritos, deve ser anexada aos autos a Nota Técnica Atuarial ou a de Registro de Produto.



de Produto. Se esta não existir, será preciso um Parecer Atuarial assinado por atuário responsável do plano ou um Relatório de Auditoria Externa com informações consistentes ao do contrato reclamado para dar validade. Assim como nos relatórios anuais, na maior parte das ações essa documentação não é devidamente apresentada.

Mas as lides não param por aí. Tudo indica que novas virão, pois ainda tramitam no STF os recursos que envolvem os planos antigos e não adaptados. Uma delas discute se o plano tem o dever ou não de garantir a cobertura de tratamentos ou medicamentos listados pela ANS, lembrando que a Lei nº 14.454/22 aqueceu esse debate ao permitir a cobertura de tratamentos ou procedimentos não previstos no rol da ANS. Outra aborda a aplicação do Estatuto do Idoso a contratos celebrados antes dessa lei. Não podemos nos esquecer que a ANS costuma alterar o marco regulatório e estuda a permissão de um reajuste técnico aos planos individuais/familiares que não apresentarem equilíbrio atuarial com os reajustes autorizados. ⚠



Adobe Stock

POR QUE OS ATUÁRIOS DEVERIAM SE APROXIMAR DOS DEBATES DE OPEN INSURANCE?

funcionar pelo Banco Central e credenciadas pela Susep.

Neste artigo, não pretendemos realizar uma avaliação do modelo regulatório de Open Insurance no Brasil, pois reconhecemos que ele já é uma realidade. O objetivo é refletir sobre o papel do atuário na gestão de novos riscos, considerando a introdução de um novo canal obrigatório de distribuição e a expectativa de novos produtos, impulsionada pelo acesso a dados históricos de novos clientes, que se apresentam a partir da obrigação de participação no Open Insurance.

De forma simplificada, podemos afirmar que os atuários desempenham um papel crucial na conformidade regulatória, avaliação de riscos, cálculo de preços e na manutenção de um saldo adequado de provisões técnicas e ativos garantidores para enfrentar os riscos assumidos dos clientes. Além disso, eles participam diretamente do desenvolvimento de novos produtos, avaliando sua viabilidade financeira e contribuindo para a formulação da política de subscrição. Em virtude dessas responsabilidades, os atuários emergem como profissionais com um grande potencial para avaliar as oportunidades e riscos do Open Insurance, e como esse ambiente se insere na estratégia de cada sociedade.

Divulgação



KARINI MADEIRA
SUPERINTENDENTE DE
ACOMPANHAMENTO
TÉCNICO DA CNSEG

O Open Insurance é um novo ecossistema digital que permite o acesso a informações sobre canais de atendimento e produtos de seguros, previdência privada aberta e capitalização, referentes às sociedades participantes. Adicionalmente, os clientes poderão compartilhar informações sobre seus dados pessoais e contratos com outras sociedades participantes, possibilitando o recebimento de ofertas de produtos ou serviços adequados ao seu perfil. Também está prevista a interoperabilidade no âmbito do Open Finance, uma nova fonte de dados, o que significa o compartilhamento de dados pessoais, com o consentimento do cliente, entre bancos, instituições de pagamento, cooperativas de crédito, sociedades seguradoras, entidades abertas de previdência complementar, sociedades de capitalizações e demais instituições autorizadas a

“

Por outro lado, já é possível afirmar que a velocidade imposta pelo regulador para a implementação das fases do Open Insurance trouxe riscos ao planejamento e execução desse processo.

”

É importante destacar que ainda existem grandes desafios e muito trabalho pela frente para que o que foi idealizado pela Susep se torne realidade. Por outro lado, já é possível afirmar que a velocidade imposta pelo regulador para a implementação das fases do Open Insurance trouxe riscos ao planejamento e execução desse processo. Além disso, o ambiente cibernético, a obrigatoriedade de relacionamentos e a troca de dados pessoais dos clientes entre diferentes sociedades – algumas das quais apenas credenciadas pela Susep – aumentam a exposição a riscos das sociedades participantes. Alguns desses riscos são novos, outros sequer foram mapeados.

Como agravante, os serviços dentro do ecossistema só podem ser iniciados pelas Sociedades Processadoras de Ordem de Clientes (SPOC's), devidamente credenciadas junto à Susep, ou de forma voluntária, por sociedades supervisionadas participantes do Open Insurance, 90 dias após a sua comunicação à Susep, da sua intenção de passar a prestar tal serviço. As SPOC's são sociedades criadas pelo CNSP, a partir da publicação das normas de Open Insurance. Ente que poderá ser

remunerado pelo serviço prestado, ou seja, mais um ator atuante na cadeia de atendimento e relacionamento com o cliente. Isto coloca a SPOC como personagem central da disponibilização dos serviços, uma vez que uma de suas funções é transmitir a ordem dada pelo cliente para serviços de iniciação de movimentação.

Apenas duas SPOC's foram credenciadas e já declararam interesses e modelos de negócio distintos daquele padronizado pela Susep, no âmbito da regulamentação de Open Insurance. Há poucas informações sobre o modo de operação dessas novas participantes, entretanto, a regulamentação indica vedação de restringir, limitar ou impedir o serviço iniciado por essas sociedades, bem como discriminá-lo em relação aos serviços solicitados diretamente pelo cliente, por meio de outros canais de atendimento, ou por meio de terceiros.

Por força da regulação, é imperiosa a imediata adequação das políticas de gestão de riscos de modo a prever aspectos como procedimentos a serem seguidos pelas participantes do Open Insurance, no caso da indisponibilidade das interfaces utilizadas para o compartilhamento; prazo estipulado para reinício ou normalização da disponibilidade dessa interface; tratamento de incidentes relacionados com a violação da segurança dos dados relacionados ao compartilhamento e as medidas tomadas para a sua prevenção e solução; e execução de testes de continuidade de negócios, considerando os cenários de indisponibilidade das interfaces e a avaliação dos seus resultados.

Por outro lado, além de aspectos mais operacionais, é preciso ficar


atento à concentração da distribuição dos produtos dentro do novo canal, e ao fato de que a fase de prestação de serviços do Open Insurance afeta diretamente a operação das sociedades supervisionadas. Elas são obrigadas a rediscutir suas estratégias de atuação para recepção de serviços padronizados pelo regulador, e para se relacionar com um ente recentemente criado e não regulado. As supervisionadas não conseguiram avaliar adequadamente o custo-benefício do modelo de Open Insurance em relação ao seu planejamento estratégico. Para a maioria das participantes, a decisão de aderir foi uma questão imposta por obrigações regulatórias, dependendo da classificação da segmentação prudencial.

Fomentar o desenvolvimento de novos produtos e experiências positivas para o consumidor é uma iniciativa salutar. No entanto, houve pouco debate sobre quais dados seriam realmente decisivos para uma avaliação mais precisa do perfil de riscos dos clientes, ou que poderiam influenciar o modelo de precificação e abrir oportunidades para a criação de novos produtos, antes da exigência regulatória se impor. A obrigatoriedade do compartilhamento de dados de praticamente todos os produtos, juntamente com um volume considerável de informações, não garante a qualidade e a assertividade dos modelos, nem assegura o sucesso no desenvolvimento de novas ofertas.

Além disso, o alto custo regulatório representa um desafio significativo para as seguradoras, entidades de previdência e sociedades de capitalização, impactando diretamente tanto seus resultados financeiros quanto sua solvência. À medida que as participantes

enfrentam esforço considerável para cumprir com as exigências regulatórias, isso pode comprometer os investimentos em pesquisa de novas oportunidades de negócio e desenvolvimento de produtos inovadores, além de pressionar a margem de lucro. Ou seja, no atual estágio o cenário observado é diametralmente oposto àquele idealizado pelo regulador. Não está claro quando e se essa realidade irá se alterar.

Esse encarecimento do custo de observância pode levar as seguradoras a adotar uma postura mais conservadora em relação à aceitação de riscos, limitando sua capacidade de expansão e competitividade no mercado. Além disso, em um ambiente onde a solvência é crucial para a confiança dos clientes e investidores, os elevados custos operacionais podem resultar em uma gestão de capital mais restritiva, exacerbando a pressão financeira e comprometendo a estabilidade a longo prazo das empresas do setor.

Apesar de haver muitas especulações sobre as oportunidades oferecidas pelo modelo regulatório de Open Insurance, os desafios atuais são palpáveis e requerem atenção imediata. Para que possamos avançar de fato em inovação e melhorar o atendimento ao cliente, é fundamental fomentar uma discussão cada vez mais abrangente sobre a relevância e a utilização eficaz do Open Insurance em cada sociedade. Os breves fatos observados, e as responsabilidades do atuário dentro das seguradoras demonstram que este profissional é um elemento indispensável nesse debate. Seu conhecimento e experiência sobre gestão dos riscos e na identificação de oportunidades serão fundamentais para o equilíbrio dos custos que se impõem. 

O PAPEL DOS ATUÁRIOS EM UM MUNDO CADA VEZ MAIS EXPOSTO AOS RISCOS CLIMÁTICOS

Nos últimos anos, o Brasil tem sido palco de desastres naturais cada vez mais frequentes e devastadores, causados por eventos climáticos extremos. De chuvas torrenciais e inundações em estados como São Paulo e Bahia, até secas severas no Nordeste e tempestades violentas no Sul, o impacto das mudanças climáticas tem se intensificado de maneira alarmante. Esses episódios não apenas resultam em perdas humanas e materiais, mas também sobrecarregam os sistemas de seguros e retribuem desafios adicionais para a economia do país.

É nesse cenário que o trabalho dos atuários ganha maior relevância. Especialistas em calcular e modelar riscos, os atuários desempenham um papel fundamental na previsão e mitigação das consequências de desastres climáticos. Através de modelos precisos, eles podem projetar cenários de risco com base em dados históricos e tendências climáticas, ajudando empresas e governos a se prepararem para possíveis eventos extremos e a estruturar produtos de seguros adequados.

A **Revista Brasileira de Atuária** ouviu cinco profissionais do setor para compartilhar suas perspectivas sobre o impacto das mudanças climáticas na gestão de riscos e como podem contribuir para mitigar os efeitos desastrosos desses fenômenos.

Os desafios e inovações para os Resseguros Rurais em meio aos eventos climáticos extremos

Os efeitos das mudanças climáticas estão cada vez mais evidentes, e o setor agrícola, diretamente dependente de condições ambientais estáveis, se encontra na linha de frente dos impactos. O aumento da frequência e da intensidade dos eventos climáticos extremos – como secas prolongadas, enchentes e tempestades severas – impõe desafios inéditos tanto para os produtores rurais quanto para o mercado de seguros e resseguros, que precisa encontrar soluções inovadoras para lidar com um cenário de risco crescente.

A diretora técnica atuarial, analytics e produtos da Austral Seguradora, Claudia Novello Ribeiro, destaca que “os eventos climáticos extremos têm um impacto direto e expressivo no custo dos sinistros do setor agrícola. Esses fenômenos aumentam a frequência e a severidade das perdas, o que gera um volume elevado de indenizações e, conseqüentemente, maiores despesas para seguradoras e resseguradoras.”

A crise climática também traz um grau elevado de imprevisibilidade, demandando estratégias robustas de gestão de riscos e capital. Nesse contexto, o resseguro se posiciona como uma peça-chave, não apenas para diluir os riscos, mas também

para promover soluções mais sofisticadas e adaptadas às novas realidades.

ESTRATÉGIAS DO SETOR PARA MITIGAR OS IMPACTOS

Com o aumento da frequência de eventos climáticos, o setor de resseguros tem adotado diversas medidas para ajustar suas políticas e manter a viabilidade financeira das seguradoras. A combinação de tecnologia avançada e análise de dados tem sido essencial para lidar com os desafios climáticos. Ferramentas como inteligência climática, sensoriamento remoto e modelos de previsão sofisticados estão permitindo uma avaliação mais precisa dos riscos.

Além disso, as soluções paramétricas têm ganhado destaque no mercado. Essas apólices vinculam os pagamentos de indenização a índices predefinidos, como precipitação ou temperatura, garantindo maior agilidade na resposta a sinistros. “Essas tecnologias e inovações tornam o processo de compensação mais eficiente, permitindo uma recuperação mais rápida dos produtores afetados”, aponta.

O setor também está focado em estratégias de precificação que garantam a solvência das seguradoras sem inviabilizar o acesso às apólices.



Adobe Stock

“O aumento da frequência e severidade dos eventos climáticos exige recalibrações. Parcerias público-privadas, por exemplo, podem ser uma alternativa eficaz para compartilhar os riscos, reduzindo a pressão sobre o mercado segurador e ressegurador,” explica a diretora.

SUSTENTABILIDADE E ASG: UM NOVO PARADIGMA PARA OS RESSEGUROS RURAIS

O compromisso com práticas ambientais, sociais e de governança (ASG) também tem influenciado profundamente as políticas de resseguros rurais. Claudia aponta que o ASG é essencial para fortalecer a resiliência do mercado em face dos desafios climáticos: “No aspecto ambiental, a análise de riscos climáticos tem se tornado mais sofisticada, com o uso de dados detalhados que permitem subscrições mais assertivas e o desenvolvimento de produtos alinhados aos novos cenários.”

No âmbito social, as práticas ASG incentivam a inclusão de pequenos

produtores rurais, que muitas vezes estão entre os mais vulneráveis aos efeitos das mudanças climáticas. Coberturas mais acessíveis e inclusivas ajudam a proteger essas comunidades, promovendo maior estabilidade financeira. Já no campo da governança, a transparência nos processos e a rigorosa avaliação dos riscos reforçam a credibilidade e a sustentabilidade do mercado.

Além disso, os seguros rurais desempenham um papel central na promoção da segurança alimentar e das práticas agrícolas sustentáveis,

“

Especialistas em calcular e modelar riscos, os atuários desempenham um papel fundamental na previsão e mitigação das conseqüências de desastres climáticos.

”

CLAUDIA NOVELLO
DIRETORA TÉCNICA
ATUARIAL, ANALYTICS
E PRODUTOS DA
AUSTRAL SEGURADORA



alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2 e 15 da ONU. “Esses produtos incentivam o manejo ambiental responsável e a adoção de tecnologias de monitoramento climático, fortalecendo a conservação dos ecossistemas e a resiliência das comunidades rurais,” afirma Claudia.

INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E O PAPEL DO CTSEG

A modernização tecnológica tem transformado o mercado de resseguros. A utilização de sensoriamento remoto e inteligência climática permite monitorar os riscos em tempo real, oferecendo soluções mais ágeis e eficazes. Claudia ressalta que as ferramentas tecnológicas também são fundamentais na regulação dos sinistros, agilizando os processos e garantindo maior eficiência na compensação.

Nesse contexto, o CTSEG tem desempenhado um papel crucial. O grupo, formado por atuários e especialistas do setor, promove um ambiente rico para a troca de experiências e o desenvolvimento de soluções inovadoras. “O CTSEG é um espaço de discussão qualificado, que fomenta a criação de práticas avançadas para

enfrentar os desafios climáticos,” destaca a diretora.

DESAFIOS FUTUROS E OPORTUNIDADES PARA O SETOR

Apesar dos avanços, o setor de resseguros ainda enfrenta desafios significativos. Entre eles, Claudia aponta a necessidade de expandir a oferta de produtos e conscientizar os produtores sobre os benefícios do seguro rural. “As enchentes recentes no Rio Grande do Sul mostraram tanto lacunas na cobertura quanto a capacidade do mercado de responder com agilidade às tragédias, evidenciando o papel social do setor”, avalia.

Outro ponto de atenção é o equilíbrio entre rentabilidade e responsabilidade social. Com os riscos associados às mudanças climáticas crescendo, o mercado deve continuar inovando para oferecer soluções acessíveis e sustentáveis, especialmente para pequenos produtores.

O setor de resseguros rurais está no centro de uma transformação que busca aliar inovação tecnológica, práticas sustentáveis e estratégias robustas de mitigação de riscos. Em um cenário de mudanças climáticas aceleradas, o papel das seguradoras e resseguradoras vai além da proteção financeira: trata-se de assegurar a resiliência econômica e social das comunidades rurais, garantindo um futuro mais sustentável para todos.

“Os desafios climáticos não são apenas problemas a serem enfrentados, mas também oportunidades de avançar na proteção dos produtores e na construção de um mercado mais inovador e preparado para o futuro”, sintetiza Claudia Novello Ribeiro.



Modelagem e estratégias atuariais adequadas à sua realidade operacional

A **Grant Thornton Brasil** oferece soluções abrangentes para apoiar as lideranças empresariais a tomarem decisões baseadas em dados.

Com equipes multidisciplinares, análises independentes, técnicas e metodologias financeiras e estatísticas, auxiliamos nossos clientes no atendimento às demandas regulatórias, gerenciamento de riscos e governança.



Conte com as nossas expertises atuariais e soluções customizadas para solucionar desafios de negócios e identificar oportunidades de acordo com as necessidades da sua empresa.

Go beyond business as usual.

Audit | Tax | Advisory

© 2024 Grant Thornton Brazil. All rights reserved. Grant Thornton Brazil is a member firm of Grant Thornton International Limited (GTIL). GTIL and the member firms are not a worldwide partnership. Services are delivered by the member firms. GTIL and its member firms are not agents of, and do not obligate, one another and are not liable for one another's acts or omissions. Please see www.grantthornton.com.br for further details.

Conectando Atuários e Sustentabilidade no Combate aos Riscos Climáticos

À medida que as mudanças climáticas se tornam uma das maiores ameaças globais, o impacto sobre as economias, empresas e sociedades exige uma resposta cada vez mais urgente. Não se trata apenas de prevenir catástrofes, mas de desenvolver soluções que envolvem tanto a adaptação quanto a mitigação dos efeitos do aquecimento global. Nesse cenário, profissionais de diversas áreas precisam estar envolvidos, e a atuação da ex-presidente do Instituto Brasileiro de Atuária (IBA) e especialista sênior na RACQ (mútua de seguros em Queensland, Austrália), Natalie Haanwinckel Hurtado, reflete a importância de uma abordagem interdisciplinar no enfrentamento dos desafios ambientais.

“Os atuários têm uma missão importante: identificar riscos e fazer previsões, com base em dados e informações, sobre como estes riscos podem impactar uma empresa ou sociedade. Eles são como matemáticos da proteção”, explica Natalie. Para ela, a tarefa dos atuários em relação aos riscos climáticos envolve uma adaptação das técnicas e modelagens comumente utilizadas a novos desafios.

Quando questionada sobre o impacto direto das mudanças climáticas no mercado financeiro, Natalie enfatiza o quanto as economias de todo o mundo estão ameaçadas pelos potenciais impactos

das catástrofes naturais agravadas pelo aumento médio da temperatura do planeta, como chuvas extremas, enchentes, vendavais, furacões, aumento do nível do mar, queimadas e secas. Esses eventos ameaçam todas as atividades econômicas em alguma medida e representam os perigos que definem os riscos físicos.

Essas ameaças vão desde danos à natureza, à saúde dos trabalhadores e ao patrimônio até interrupções nas cadeias de fornecedores. Já os cenários que surgirão como resultado da transição para uma economia de baixo ou zero-carbono também podem impactar as empresas, e consequentemente o mercado financeiro. Esses diferentes cenários definem os riscos de transição, que incluem a perda de valor de ativos relacionados a combustíveis fósseis, seja por mudanças nas legislações, preferências de consumidores e novas tecnologias que irão substituir as atuais poluentes.

Os atuários podem ser protagonistas na análise dos riscos climáticos, dada a sua habilidade em trabalhar com dados e modelagem de cenários futuros. “O aquecimento global exige que, além dos riscos conhecidos, passemos a lidar com novas variáveis e cenários que não se definem pelo passado, mas sim por possíveis futuros definidos por cientistas da natureza de acordo com a capacidade e velocidade global em reduzir as emissões dos gases de efeito

estufa. Por isso, os atuários precisam de informações originadas em outras áreas da ciência para formular estratégias robustas de mitigação e adaptação”, afirma.

Neste contexto, ela observa que o seguro continuará a ter um papel essencial na proteção da vida, do patrimônio e, por que não, dos ecossistemas, de modo que a atuação dos atuários deve contemplar o desenvolvimento de produtos e serviços inovadores. Isso pode incluir desde seguros paramétricos que pagam automaticamente em função de determinados parâmetros (como quantidade de chuva ou velocidade do vento) até soluções mais complexas de mitigação de risco em situações de maior vulnerabilidade.

A CONTRIBUIÇÃO DA GOVERNANÇA CORPORATIVA NA GESTÃO DE RISCOS CLIMÁTICOS

Para Natalie, a alta direção das empresas deve adotar uma postura ativa no enfrentamento aos riscos climáticos. “Os líderes empresariais devem incorporar a sustentabilidade nas suas já existentes estratégias de gestão de risco e, mais importante ainda, devem reportar os impactos de suas decisões no meio ambiente de maneira transparente”, destaca.

Ela enfatiza que é preciso ir além da implementação de ações pontuais e superficiais, como o uso de compensação de carbono, e integrar a questão climática no coração das decisões empresariais. “A governança precisa ter metas climáticas no horizonte estratégico da empresa. Essas metas devem ser de curto,



médio e longo prazos e integradas aos planos de negócios, como qualquer outro objetivo financeiro”, adverte.

A atuária entende que é possível incorporar os riscos climáticos na governança das empresas de maneira prática. “As empresas precisam ter um comitê de sustentabilidade e riscos climáticos dentro da alta gestão. Além disso, é fundamental que as políticas e diretrizes sobre como lidar com os riscos climáticos se tornem parte dos contratos com fornecedores e parceiros. A transparência é essencial nesse processo: os resultados dessas

NATALIE HAANWINCKEL HURTADO
EX-PRESIDENTE DO INSTITUTO BRASILEIRO DE ATUÁRIA (IBA) E ESPECIALISTA SÊNIOR NA RACQ (MÚTUA DE SEGUROS EM QUEENSLAND, AUSTRÁLIA)

ações, dos planos para o futuro e até do que não está ainda ajustado devem ser reportados de forma clara e transparente, tanto para os investidores quanto para os consumidores e outras partes interessadas”, argumenta.

CRÍTICAS À DEPENDÊNCIA DOS CRÉDITOS DE CARBONO

Natalie também se mostra crítica em relação à dependência de compensações por créditos de carbono. Embora reconheça a importância dessas iniciativas como uma ferramenta adicional, ela alerta que a compensação não pode ser vista como um substituto para a redução direta das emissões. “Créditos de carbono não devem ser usados para que as empresas evitem suas responsabilidades reais. Eles não são uma medida de mitigação, uma vez que apenas compensam as emissões que continuam a ocorrer na mesma ou em maior quantidade. O que precisamos é da real redução das emissões em todas as etapas da cadeia de valor – produção e consumo de produtos e serviços”, afirma.

Ela também defende que os mercados de carbono sejam mais rigorosos, e que se garanta que as comunidades locais e os povos indígenas, que têm um papel central na preservação dos ecossistemas, sejam de fato incluídos e beneficiados por esses mecanismos. “Os créditos de carbono precisam ser bem auditados para garantir que estejam de fato causando o impacto positivo desejado no meio ambiente, o qual inclui as populações locais, evitando assim o *greenwashing*”, adverte.

SEGURADORAS E A NOVA REALIDADE DOS RISCOS CLIMÁTICOS

Com o aumento da frequência e intensidade dos eventos naturais potencialmente causadores de desastres, Natalie defende que o setor de seguros precisa inovar para adaptar-se aos novos riscos, já que os prêmios vêm se tornando cada vez mais altos e, em alguns casos, inviáveis, como já ocorre em seguros residenciais em áreas da Flórida, por exemplo.

“Os seguros paramétricos, que pagam com base em indicadores objetivos (intensidade de um furacão ou quantidade de precipitação em uma área), podem ser mais utilizados por serem rápidos e eficientes no atendimento a áreas afetadas por catástrofes, o que é vital para as populações vulneráveis”, argumenta. Ela também reconhece o valor do uso de tecnologias emergentes, como a inteligência artificial, IoT e o big data, para criar produtos de seguros mais personalizados. Contudo, mais do que ter a capacidade de calcular riscos com precisão por meio dessas tecnologias, que requerem alto consumo de energia, Natalie advoga que o foco na prevenção do risco por meio de medidas adaptativas é a grande mudança necessária.

“Agir antes da materialização do risco para a sua redução é essencial para a sobrevivência do setor. Exemplos dessa natureza são atuar em parceria com órgãos governamentais de planejamento territorial para evitar novas construções em áreas de alagamento e com empresas automotivas, manufaturas, de transporte e de construção para a utilização de

Adobe Stock



materiais resistentes aos perigos de cada região. As Soluções Baseadas na Natureza também são menos custosas do que obras de infraestrutura e trazem resiliência de longo prazo.”

Natalie menciona que o mais recente reporte da Swiss Re avaliou que os benefícios econômicos das medidas de adaptação ao risco de enchentes, incluindo as Soluções Baseadas na Natureza para territórios menos densamente povoados, podem chegar a dez vezes os custos de reconstrução pós-desastre, foco das seguradoras historicamente, reitera ela.

URGÊNCIA DE UMA RESPOSTA INTEGRADA

Natalie não apenas ilustra os desafios que as mudanças climáticas

impõem ao mercado financeiro e empresarial, mas também apresenta soluções inovadoras e práticas para superá-los. O tempo para a ação é agora. Como ela bem afirma, “não podemos mais ver as questões climáticas como algo distante. Elas estão presentes em nosso dia a dia e estão diretamente ligadas à nossa sobrevivência no planeta.” Se as empresas, os governos e os profissionais de diversas áreas não se unirem para enfrentar esses desafios, as consequências podem ser irreversíveis. O papel de cada um, inclusive dos atuários, é fundamental nesse processo de adaptação, e está em nossas mãos moldar um futuro mais seguro e justo para todos.

Como a pesquisa sobre riscos climáticos está transformando o Mercado de Seguros e Resseguros

Em um momento em que as mudanças climáticas se tornam uma preocupação global, o setor de seguros e resseguros enfrenta o desafio de compreender e antecipar os impactos desses eventos no mercado e na sociedade. Nesse contexto, surge o IRB (P&D), a área de Pesquisa e Desenvolvimento do IRB Brasil Re, com um foco estratégico em criar soluções inovadoras para enfrentar os riscos climáticos e contribuir para a resiliência econômica e social. A parceria com o setor de resseguros é crucial para enfrentar as incertezas climáticas e garantir a sustentabilidade dos negócios a longo prazo.

Carlos Teixeira, diretor de Pesquisa e Desenvolvimento do IRB, explica que, no cenário atual, a necessidade de compreender os riscos climáticos vai muito além das tradicionais metodologias de análise de dados. “Nos últimos anos, temos visto um aumento na frequência e na intensidade de eventos climáticos extremos, o que tem colocado ainda mais pressão sobre a indústria de seguros e resseguros. Para nós, no IRB, é crucial entender essas transformações para oferecer soluções que não apenas cubram esses riscos, mas também ajudem a mitigar os impactos desses eventos”, destaca Teixeira.

O trabalho realizado pelo IRB (P&D) envolve, entre outras

atividades, a criação de modelos de risco climático, que são essenciais para prever e minimizar os danos causados por fenômenos climáticos. A equipe de pesquisa do IRB trabalha em estreita colaboração com especialistas climáticos, geólogos, meteorologistas e cientistas ambientais, garantindo que as análises sejam baseadas em dados científicos de ponta.

“Estamos investindo fortemente em pesquisa para desenvolver modelos preditivos mais precisos, que levem em consideração variáveis que até pouco tempo atrás não eram consideradas relevantes”, afirma Carlos Teixeira. Ele também enfatiza a importância da colaboração interinstitucional e da parceria com outras entidades, como universidades e centros de pesquisa. “As mudanças climáticas não têm fronteiras, e, portanto, é necessário que o setor de seguros e resseguros se una em uma rede de conhecimento para construir respostas mais eficazes.”

Teixeira destaca também que o papel do IRB no contexto climático não se resume apenas a atuar em casos de perdas financeiras causadas por eventos climáticos, mas também na promoção de práticas que ajudem a reduzir a exposição a esses riscos. “Estamos cada vez mais preocupados não apenas em garantir que as empresas possam se recuperar após

Adobe Stock



desastres naturais, mas também em ajudar na prevenção. Ao trabalhar com dados e pesquisas, podemos recomendar medidas de adaptação que podem reduzir a vulnerabilidade de comunidades e empresas.”

Um dos focos mais importantes no trabalho do IRB (P&D) é a criação de novos produtos de resseguro que abordem riscos climáticos de maneira mais eficiente. “A forma como os riscos climáticos são avaliados está

evoluindo constantemente. O que antes era uma análise simplista, hoje requer uma abordagem multifatorial, que leve em conta as tendências climáticas, a geografia e até a evolução dos padrões de comportamento humano em relação ao meio ambiente”, explica Teixeira.

Além disso, o IRB tem investido em modelos de risco climático que utilizam inteligência artificial e big data para prever desastres naturais

CARLOS TEIXEIRA
DIRETOR DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
DO IRB



com maior precisão. Essas tecnologias estão ajudando a criar cenários mais realistas para seguradoras e resseguradoras, permitindo que tomem decisões com mais informações sobre as coberturas oferecidas. “O uso de tecnologia para previsão e mitigação de riscos tem sido uma das áreas mais promissoras do nosso trabalho. Ao aplicar machine learning e análise de grandes volumes de dados, conseguimos oferecer uma visão mais precisa e detalhada sobre os riscos e suas consequências para o mercado”, diz Teixeira.

O IRB (P&D) também está engajado em fornecer suporte para que as empresas do setor de seguros implementem medidas proativas em relação aos riscos climáticos. Isso inclui ajudar as seguradoras a desenvolverem suas próprias análises de risco climático, a fim de ajustar suas carteiras de produtos e coberturas, de modo a se prepararem melhor para os desafios futuros. “A preparação é a chave para a resiliência. Por isso, nosso

papel vai além de fornecer cobertura em caso de sinistros; ajudamos na adaptação e na prevenção, para que os impactos das mudanças climáticas sejam minimizados desde o início”, destaca Carlos Teixeira.

O trabalho desenvolvido por eles reflete uma visão mais ampla do papel da pesquisa e inovação no mercado de seguros e resseguros. Com o crescente número de eventos climáticos extremos e os efeitos do aquecimento global, a indústria precisa se adaptar rapidamente para lidar com os novos desafios. Teixeira reforça que, para o IRB, esse desafio não é apenas uma questão de adaptação tecnológica, mas de responsabilidade social e ambiental. “As mudanças climáticas representam um desafio global, e não podemos mais encarar isso como uma questão isolada. O papel do setor de resseguros é garantir que as sociedades se tornem mais resilientes e sustentáveis, protegendo tanto os ativos financeiros quanto as comunidades mais vulneráveis.”

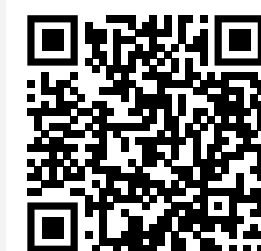
Por fim, a atuação do IRB (P&D) no enfrentamento dos riscos climáticos é um exemplo claro de como a pesquisa e o desenvolvimento podem ser ferramentas poderosas na transformação do mercado de seguros e resseguros. Com a combinação de inovação tecnológica, colaboração com outras instituições e um olhar atento às necessidades sociais, o IRB está moldando um futuro mais resiliente e seguro para todos. “Estamos comprometidos com a construção de soluções sustentáveis, que não apenas ajudem a proteger o mercado, mas também as pessoas e o planeta”, conclui Carlos Teixeira.

ANÁLISES DE SAÚDE QUE DIRECIONAM O CAMINHO

Nossas ferramentas MedInsight trazem soluções avançadas de análise e tecnologia de ponta, apoiadas por décadas de experiência em saúde, que podem ajudar você a reduzir taxas de perdas, otimizar o processamento de sinistros de saúde, gerenciar riscos e a selecionar e precificar negócios.

Milliman Payment Integrity

Nossa solução para detectar e reduzir fraudes, desperdícios e abusos



Milliman Health ClaimsRef

Automatizando o processamento de sinistros e suporte à tomada de decisões



Entre em contato com nosso
escritório no Brasil para saber mais
br.milliman.com



O Futuro do Planejamento Atuarial passa pelo ASG, COP30 e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

Nos últimos anos, a crescente conscientização sobre as questões ambientais, sociais e de governança (ASG) tem gerado um impacto direto nos mercados financeiros e, conseqüentemente, no trabalho dos atuários. Eles devem adaptar suas metodologias para incorporar considerações sobre sustentabilidade e responsabilidade corporativa, alinhando-se às novas demandas do mercado e aos objetivos globais de desenvolvimento.

O QUE É E POR QUE IMPORTA PARA OS ATUÁRIOS ASG?

ASG se refere a um conjunto de práticas empresariais que envolvem três pilares principais:

Ambiental: Avalia o impacto das atividades de uma empresa no meio ambiente, incluindo a gestão de recursos naturais, emissões de carbono, poluição e mudanças climáticas.

Social: Foca nas relações da empresa com seus empregados, fornecedores, clientes e comunidades. Isso engloba questões como condições de trabalho, direitos humanos, diversidade e inclusão.


Governança: Refere-se à forma como as empresas são administradas, considerando práticas de transparência, ética, compliance, estrutura de governança e a responsabilidade dos acionistas.

Para os atuários, entender como as práticas ASG influenciam os mercados financeiros é crucial. As empresas que adotam práticas sustentáveis tendem a ter um risco reduzido a longo prazo, e isso impacta diretamente os modelos de precificação de seguros, planos de previdência e outros produtos financeiros. A crescente demanda por relatórios ASG e a implementação de práticas responsáveis podem, assim, afetar a avaliação dos ativos e passivos.

ODS E SEUS OBJETIVOS PARA UM FUTURO SUSTENTÁVEL

Os **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)** foram estabelecidos pela ONU em 2015, durante a Assembleia Geral, com o intuito de combater a pobreza, proteger o planeta e garantir prosperidade para todos até 2030. Ao todo, são **17 objetivos**, abrangendo uma ampla gama de questões, desde o combate às mudanças climáticas até a erradicação da pobreza extrema.

OS 17 ODS SÃO:

- 
- 1 Erradicação da Pobreza
 - 2 Fome Zero e Agricultura Sustentável
 - 3 Saúde e Bem-Estar
 - 4 Educação de Qualidade
 - 5 Igualdade de Gênero
 - 6 Água Potável e Saneamento
 - 7 Energia Acessível e Limpa
 - 8 Trabalho Decente e Crescimento Econômico
 - 9 Indústria, Inovação e Infraestrutura
 - 10 Redução das Desigualdades
 - 11 Cidades e Comunidades Sustentáveis
 - 12 Consumo e Produção Responsáveis
 - 13 Ação contra a Mudança Global do Clima
 - 14 Vida na Água
 - 15 Vida Terrestre
 - 16 Paz, Justiça e Instituições Eficazes
 - 17 Parcerias e Meios de Implementação

Cada um desses objetivos possui metas específicas que guiam políticas públicas, ações empresariais e iniciativas da sociedade civil. A **integração dos ODS no**

planejamento corporativo tem se mostrado cada vez mais importante, já que as empresas são desafiadas a alinhar suas estratégias de negócios aos princípios globais de sustentabilidade.



Adobe Stock

VISTA DE BELÉM
DO PARÁ, CIDADE
SEDE DA COP30

COP30: O ENCONTRO GLOBAL SOBRE SUSTENTABILIDADE

A COP30 será o próximo evento climático crucial, programado para ocorrer em 2025 na cidade de **Belém, no Brasil**. A conferência da ONU reúne líderes mundiais, especialistas, ativistas e empresas para discutir e definir políticas globais sobre o aquecimento global e a sustentabilidade ambiental.

Entre os temas principais que serão debatidos, estão as **metas de redução de emissões de carbono, a transição energética, a conservação da biodiversidade, a proteção das florestas tropicais e o financiamento climático**, com foco especial nas economias em desenvolvimento. Para os atuários, os debates sobre adaptação e mitigação dos impactos das mudanças climáticas apresentam novas oportunidades de modelagem de riscos e precificação de seguros climáticos, bem como a avaliação de impactos financeiros das mudanças ambientais nas empresas e no mercado.

COMO OS ATUÁRIOS PODEM CONTRIBUIR NESTE PROCESSO?

Os atuários podem desempenhar um papel fundamental na

implementação dos ODS e nas práticas ASG, ajudando empresas e governos a projetar cenários de longo prazo, avaliar riscos ambientais e sociais e implementar estratégias de mitigação. Além disso, a adaptação de modelos de precificação de riscos que integrem fatores ASG e ODS pode resultar em uma análise mais precisa e sustentável, beneficiando não apenas as empresas, mas também a sociedade como um todo.

Com a aproximação de eventos como a COP30, e a crescente pressão para que as empresas alinhem suas práticas aos ODS, os atuários terão uma oportunidade única de ampliar seu papel como profissionais-chave no desenvolvimento de um futuro mais sustentável. Eles serão fundamentais para garantir que os mercados financeiros, os seguros e as aposentadorias considerem adequadamente os impactos de fatores ambientais, sociais e de governança no longo prazo.

Em suma, a integração de ASG e ODS no trabalho atuarial não é apenas uma tendência, mas uma necessidade estratégica para as empresas que buscam prosperar em um mundo cada vez mais atento às questões de sustentabilidade e responsabilidade social.

“Estratégias sólidas de ASG são valiosas a longo prazo. Trazem estabilidade e resiliência para além das oscilações”

Rafael Sobral fala da importância do atuário para a aplicação das políticas de ASG nas empresas – graças ao que chama de “capacidade holística” da profissão de entender a empresa como um todo, desde os dados, os processos, até os resultados. Isso permite que os profissionais da área possam traduzir o impacto de todos os fatores envolvidos em números e cenários. Desta forma, contribuem para que as empresas tomem decisões mais sábias e equilibradas. “Alinhadas com um compromisso que transcende o lucro”, completa.

Sua experiência como diretor de Atuária e ASG do Grupo Hapvida NotreDame Intermédica mostra que a questão dos riscos climáticos deve ser conduzida com uma comunicação clara e sem meias-verdades. “Essa é a única forma de responder aos anseios crescentes de resultados sobre a redução dos impactos no meio ambiente das companhias. Dentre elas está a mensuração correta do ano-base, a definição de metas claras e alcançáveis e o acompanhamento constante de seus resultados”, aponta.

De que forma o cumprimento de práticas ASG pode impactar diretamente o valor das ações das empresas?

Cumprir práticas ASG é como lançar os alicerces de uma empresa sólida, que se sustenta por suas ações e pelo impacto que gera. No fim das contas, isso aumenta o valor de

suas ações, mas a importância vai além. ASG é uma forma de fortalecer a empresa de dentro para fora, dando a ela um propósito genuíno e assegurando que ela merece o espaço que ocupa na sociedade. Uma companhia com fundamentos sólidos em ASG garante estabilidade e longevidade, tornando-se um porto seguro para seus investidores. Esses fundamentos são constantemente analisados por casas de avaliação e investidores institucionais, que monitoram e definem orientações de compra e venda e influenciam as decisões de voto em assembleias. Assim, o ASG não é apenas uma estratégia de curto prazo, mas um compromisso com o futuro.

Você acredita que os investidores estão cada vez mais sensíveis a esse aspecto? Quais são os principais indicadores ASG que eles têm exigido?

Os investidores estão, sem dúvida, mais sensíveis a essas questões. Eles buscam indicadores que não sejam apenas números, mas sinais de uma empresa que entende o mundo em que está. Querem ver controle de emissões, indicadores de diversidade, transparência, controles, responsabilidade social, dentre outros. Querem evitar o Greenwashing e todos os outros washings, isto é, companhias que apenas fingem que são preocupadas com o ASG.

“

Nosso desafio é mostrar, com dados e projeções confiáveis, que os riscos climáticos já fazem parte do presente e que ignorá-los é colocar o próprio capital em perigo.

”

Em sua opinião, quais áreas de ASG precisam de mais atenção para que o impacto social positivo seja realmente percebido na sociedade?

Tudo no ASG merece atenção, mas se fosse destacar apenas duas ações as faria na ordem abaixo.

1. A área ambiental precisa de atenção urgente. Estamos num ponto em que não se trata mais de escolha, mas de necessidade.

2. E a área social também precisa avançar, especialmente em garantir respeito e dignidade em todas as relações.

Quais as implicações para uma companhia de capital aberto sob o aspecto ASG? O que muda no trabalho do Atuário?

Para uma companhia de capital aberto, o ASG traz uma responsabilidade que, se bem cumprida, só fortalece sua posição. Dentre elas destaco o novo IFRS S1 e S2, relatório de sustentabilidade, formulários de referência, maiores aprofundamentos na matriz de riscos, controles internos e governança.

Para o atuário, traz muito mais responsabilidades, mas também abre

um novo mundo de oportunidades de atuação. Seu conhecimento sobre a empresa, a estatística, a contabilidade e as ferramentas de análise de dados o torna um profissional requisitado em diversas áreas.

Na sua visão, o setor de saúde suplementar está em que estágio de adoção dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e como você vê este tema sendo tratado nas companhias?

O setor de saúde suplementar ainda está em um processo de adaptação aos ODSs, mas já é possível identificar sinais de progresso. Diversas empresas estão comprometidas em tornar seus serviços mais acessíveis, inclusivos e equitativos, representando uma transformação significativa. No entanto, ainda há uma longa estrada a percorrer. O ritmo pode ser mais lento devido ao número reduzido de empresas de saúde suplementar com capital aberto no Brasil, o que naturalmente torna o processo de adoção dos ODSs mais gradual. Contudo, os players que estão na bolsa têm se posicionado fortemente como agentes de mudança, liderando essa transição e inspirando outras companhias.

É importante lembrar que o setor de saúde suplementar nasceu de uma necessidade social: o mutualismo. Esse princípio não é apenas uma questão de negócios, mas um compromisso em compartilhar riscos e mitigar as necessidades que surgem de fatores aleatórios ou programados na vida das pessoas. Nós, atuários, temos um papel fundamental nessa missão, mantendo o foco em nossa

responsabilidade social e no dever fiduciário que assumimos ao escolher essa profissão. A sustentabilidade, portanto, é essencial para nossa atuação e deve guiar cada decisão que tomamos.

Como você enxerga a relação entre práticas ASG e o desempenho financeiro de empresas no mercado de capitais?

Não vejo que são itens desassociados, afinal as práticas ASG influenciam o desempenho financeiro de maneira significativa. Uma empresa com fundamentos fortes de ASG gera resultado financeiro de forma constante, em consequência confiança e, no final, o valor se reflete no crescimento de suas ações.

Por vezes vemos comentários sobre o ASG ser “abraçar árvore”, e essas pessoas não poderiam estar mais erradas. Tive um mentor há alguns anos que sempre dizia, “as práticas ASG devem sempre gerar resultado, se não estão gerando, revise, pois há algo errado”.

Em sua opinião, como as práticas de ASG impactam o valor das ações a longo prazo?

No mercado brasileiro, comumente voltado para o curto prazo, é natural que as flutuações e ansiedades imediatas gerem volatilidade. No entanto, estratégias sólidas de ASG se mostram especialmente valiosas a longo prazo, pois trazem estabilidade e resiliência para além das oscilações do “Senhor Mercado”. Práticas ASG bem implementadas protegem a empresa contra riscos futuros e consolidam uma reputação de confiança.



Quais são os principais desafios para convencer o mercado sobre a relevância dos riscos climáticos nas avaliações de ASG?

É um desafio que requer uma dose de realismo e outra de visão de futuro. Muitos ainda veem esses riscos como secundários, mas a realidade está provando o contrário. Nosso desafio é mostrar, com dados e projeções confiáveis, que os riscos climáticos já fazem parte do presente e que ignorá-los é colocar o próprio capital em perigo.

De que forma as práticas de ASG nas empresas influenciam a governança e a cultura organizacional?

A adoção de práticas ASG estabelece uma cultura de responsabilidade que

RAFAEL SOBRAL

DIRETOR DE ATUÁRIA E ASG DO GRUPO HAPVIDA NOTREDAME INTERMÉDICA



permeia cada decisão da empresa. A governança passa a atuar com mais rigor, assegurando que cada stakeholder cumpra suas responsabilidades conforme os regramentos internos e externos. Essa estrutura orientada por princípios sólidos fortalece uma governança mais ética e transparente, promovendo um ambiente onde todos, dos colaboradores aos acionistas, sintam-se mais valorizados e engajados. O ASG, assim, não apenas melhora a gestão, mas também cria uma organização em que o compromisso com a sustentabilidade e a integridade é compartilhado e vivido no cotidiano.

De que forma você enxerga a responsabilidade das empresas em integrar os ODS na governança corporativa e nos relatórios de sustentabilidade, e como os atuários podem auxiliar neste processo de forma mais eficiente?

Ao adotar os ODSs do Pacto Global – mesmo que informalmente – a empresa assume uma responsabilidade concreta com a sustentabilidade e com

o impacto positivo nas comunidades onde atua. Essa decisão não deve ser leviana nem impulsiva, mas fruto de um planejamento cuidadoso e comprometido em fazer a diferença. O papel do atuário na adoção dos ODS vai além do profissionalismo. Como qualquer colaborador e, sobretudo, como ser humano, ele tem o dever de contribuir para a construção de uma realidade mais justa e sustentável.

Quanto ao relatório de sustentabilidade, obrigatório para empresas listadas, ele cobre uma ampla gama de aspectos, indicadores e controles das práticas sustentáveis da companhia. Nesse contexto, o atuário desempenha um papel crucial, desde a coleta e análise de dados até a mensuração dos riscos e impactos financeiros associados. Sua expertise contribui para uma avaliação mais precisa e profunda das práticas ASG, ajudando a empresa a monitorar e adaptar suas ações para garantir alinhamento com os compromissos sustentáveis e a maximizar o valor gerado para a sociedade e para o negócio.

Grupo de Trabalho (GT ASG) do IBA dedica-se exclusivamente ao estudo dos Riscos Climáticos e seus impactos

O IBA também tem voltado suas atenções para a questão dos riscos climáticos, tanto que conta com um Grupo Técnico específico para discutir e produzir materiais técnicos sobre esta temática: é o GT ASG – que integra o CTSeg. Seu papel é promover o papel do atuário na Gestão de Riscos de Sustentabilidade, bem como divulgar as principais abordagens atuariais para Identificação e quantificação; Desenvolvimento de processos e controles para monitoramento; Mitigação e Reporte. O sócio da PwC (Actuarial & Risk Modelling Services), Vinícius Cekaroli, fala um pouco mais das ações deste GT.

Liderando o grupo de trabalho sobre riscos climáticos no CTSEG, quais são as metodologias que o grupo está desenvolvendo para identificar e avaliar riscos climáticos em empresas de diferentes setores?

Atualmente o Grupo Técnico de Riscos de Sustentabilidade (GT ASG) do CTSEG do IBA está na fase de finalização do seu primeiro *White Paper*, que tem como principal objetivo fomentar o papel dos atuários na mensuração de riscos climáticos, independentemente da indústria (*core business*). Ou seja, a avaliação da exposição ao risco, bem como a quantificação dos impactos financeiros e operacionais relacionados aos efeitos de riscos

climáticos demandam as habilidades dos atuários. A concepção deste primeiro documento visa demonstrar que o atuário não só pode como deve explorar os demais setores da economia, não se limitando apenas ao setor de seguros, saúde e previdência, comumente abordado na nossa profissão.

Adicionalmente, vale mencionar que o GT tem o planejamento de que os próximos documentos terão um viés mais técnico, explorando metodologias customizadas para mensuração/quantificação de impactos relacionados a mudanças climáticas de acordo com a realidade (risco) de cada indústria.

Vale destacar que este primeiro documento que será emitido pelo GT ASG terá forte embasamento nas demandas regulatórias nacionais e internacionais que requerem que as Companhias implementem modelos robustos de Gestão de Riscos de Sustentabilidade, ainda com maior foco para os riscos climáticos, bem como divulguem a exposição a estes riscos através do seu relatório de sustentabilidade ou das suas Demonstrações Financeiras.

Como você enxerga a interação entre essas metodologias e as estratégias de longo prazo das empresas?

Ainda que no âmbito do GT ASG as metodologias para a Gestão de Riscos de Sustentabilidade, bem como

“

Os atuários que estiverem realmente engajados com este tema terão muitas oportunidades em todo o processo para apoiar no desenvolvimento de resiliência e adaptação climática das empresas, de setores da economia, avaliando os riscos e as oportunidades e apoiando a alta administração das empresas na tomada de decisões.

”

a sua mensuração/quantificação de impactos financeiros e operacionais por indústria esteja em andamento, estou há mais de dois anos estudando a forma que os riscos de sustentabilidade, em especial os riscos climáticos, podem gerar impactos relevantes na estratégia das empresas.

A interação entre as metodologias para Gestão de Riscos Climáticos e a estratégia/planos de negócio de longo prazo das empresas é essencial para garantir a adaptação e a resiliência necessária diante das mudanças climáticas, visando a sustentabilidade e a competitividade no futuro. As mudanças climáticas já são uma certeza, e o que as empresas devem considerar neste cenário é como mitigar os riscos destes efeitos em sua operação, minimizar os impactos, bem como identificar quais oportunidades de adaptação e inovação podem contribuir para o seu crescimento sustentável.

A recente tragédia que presenciamos com as enchentes no Rio Grande do Sul (ocorrida entre o final de

abril e começo de maio de 2024), apresentou um prejuízo estimado de aproximadamente R\$ 90 bilhões, de acordo com diversos veículos de comunicação. É importante destacar que este prejuízo está pulverizado em diversos setores da economia, incluindo seguradoras e resseguradoras.

Ainda em relação a esta catástrofe, vale mencionar um dado extremamente divulgado na época pela CNSEG, que diversas empresas sofreram prejuízos, que poderiam ter sido minimizados caso as apólices de seguro possuísem o clausulado de cobertura para o risco de alagamento, o qual é opcional. Ou seja, em um cenário em que as empresas avaliem o risco (probabilidade e impacto) de eventos extremos nas suas operações, a contratação de apólices de seguro, contendo as coberturas de risco ao qual as empresas estão expostas, será um veículo de proteção extremamente importante com capacidade de minimizar de forma significativa os prejuízos financeiros e operacionais das empresas.

Quais são as principais questões éticas e técnicas que surgem ao se trabalhar com riscos climáticos no contexto das seguradoras?

As seguradoras, mesmo que não diretamente expostas aos riscos climáticos, precisam se preparar para enfrentar uma série de desafios para a gestão destes riscos. Em um primeiro momento, as seguradoras devem considerar um investimento, minimamente proporcional ao tamanho e às características das suas operações, na implementação de processos e controles para

identificação, avaliação, quantificação e classificação da exposição a riscos relacionados a eventos climáticos. Esse investimento deve considerar principalmente os aspectos de (i) pessoas: capacitação de profissionais e/ou a contratação de pessoas com conhecimento técnico para esta atividade; (ii) sistemas: aquisição ou desenvolvimento de ferramentas para modelagem de projeções de cenários futuros de mudanças climáticas e o seu correspondente efeito em eventos extremos; (iii) dados: captura de dados confiáveis para projeção.

Em seguida, as seguradoras necessitam investir no desenvolvimento de metodologias robustas para a projeção de impactos financeiros e para a gestão de riscos climáticos. Adicionalmente, é importante que as seguradoras considerem na gestão das suas operações as questões de equidade, transparência para os seus stakeholders, e também a sua responsabilidade social e ambiental.

Por fim, para equilibrar os aspectos mencionados anteriormente, as seguradoras precisam adotar práticas responsáveis, investir em inovação tecnológica e manter um diálogo contínuo com os reguladores, clientes e a sociedade.

Como o grupo de trabalho do CTSEG está abordando a padronização das práticas para que essas análises de risco sejam precisas e alinhadas às expectativas dos stakeholders?

O primeiro documento técnico que será emitido pelo GT ASG do CTSEG divulgará a pesquisa das demandas



regulatórias nacionais e internacionais em relação à Gestão de Riscos Climáticos, bem como o seu reporte para os seus stakeholders através do relatório de sustentabilidade e/ou da divulgação das notas explicativas das demonstrações financeiras, e qual a função do atuário neste processo. O GT planeja elaborar materiais técnicos, por indústria, que possam ser utilizados pelos atuários como uma “guia de boas práticas” para mensuração/quantificação dos riscos de sustentabilidade.

Os atuários terão acesso a um acervo que apresentará bases metodológicas recomendadas pelo IBA para gestão de riscos climáticos, incluindo a avaliação de longo prazo dos impactos financeiros e operacionais, bem como sugestões

VINÍCIUS CECAROLI
SÓCIO DA PWC
(ACTUARIAL & RISK
MODELLING SERVICES)



para sua divulgação. Os materiais que serão elaborados pelo nosso GT visam suportar o desenvolvimento dos atuários em um novo caminho que necessita das habilidades técnicas da nossa formação, não havendo, portanto, a obrigatoriedade de serem utilizados, diferentemente, por exemplo, do CPA002 confeccionado por membros do CTSEG, emitido pelo IBA, e referendado pela SUSEP. Contudo, ainda que atualmente esta não seja a proposta inicial do nosso GT, eventualmente os nossos documentos técnicos poderão ser referendados pelos reguladores nacionais, como base de padronização de práticas/abordagens e modelos de divulgação.

Como o CTSEG lida com a necessidade de atualização constante dos modelos de risco climático?

A expectativa é que o GT ASG seja vitalício, ou seja, mantendo o acompanhamento da necessidade de atualização das suas abordagens para gestão de riscos climáticos à medida em que sejam identificadas a evolução técnica e a maturidade do mercado em relação ao tema.

Há oportunidades para consultorias contribuírem com este tema para o mercado de pensões, seguros e saúde?

Na minha experiência, as empresas de consultoria têm um papel crucial no suporte do desenvolvimento de novos desafios/temas, incluindo com certeza esta pauta, para o mercado de seguros, saúde e previdência, tendo em vista as habilidades e o perfil adquirido pelos profissionais que atuam neste segmento. Gostaria de citar o meu caso de acesso ao Network Internacional da minha empresa que é extramente colaborativo para difundir o conhecimento técnico maturado em qualquer território, incluindo, quando possível, ferramentas para acelerar o nosso desenvolvimento.

As consultorias terão a oportunidade de contribuir com alguns aspectos: Avaliação e Modelagem de Riscos Climáticos; Desenvolvimento de modelos para Gestão e Controle destes Riscos; Desenvolvimento de Estratégias de Adaptação e Mitigação; Desenvolvimento de modelos de reportes (relatórios) para os stakeholders internos e externos; Engajamento e desenvolvimento técnico de seus clientes e profissionais; Implementação de novas tecnologias que suportem todo esse processo.

Em que medida os riscos climáticos influenciam a política de investimentos das empresas, segundo os relatórios do grupo?

As políticas de investimentos das empresas evoluem à medida que a gestão de riscos de sustentabilidade avança, ou de acordo com a atualização de alguns normativos relacionados

a este propósito. Sem a avaliação clara e objetiva do apetite a risco das organizações ou a definição própria para avaliação de ativos em que a sua exposição a efeitos de mudanças climáticas possa gerar impactos significativos, as políticas de investimento podem estar defasadas, não havendo, desta forma, a visibilidade da exposição e mitigação do seu portfólio.

No entanto, para o mercado de segurador, ainda que a Circular SUSEP nº 666/2022 não aborde explicitamente a necessidade de atualização da política de investimentos, as empresas reguladas pela SUSEP necessitam incorporar em sua matriz de materialidade a identificação, avaliação e classificação dos riscos, por natureza e materialidade, em que, idealmente, para os casos de classificação de riscos materiais para as carteiras de investimentos, as empresas deveriam avaliar a necessidade de atualização da sua política de investimentos.

Quais são as principais barreiras que o grupo enfrenta ao definir padrões de avaliação de riscos climáticos?

A principal barreira que o GT observa atualmente é o baixo engajamento da comunidade atuarial para discutir tecnicamente o tema. Por exemplo, o CTSEG possui mais de 150 membros, entre titulares e suplementes, e o GT ASG possui apenas 27%, aproximadamente, destes membros, e com participação frequente e ativa de apenas 10 pessoas. Ressalto que os membros ativos do nosso GT têm contribuído de forma espetacular com um empenho muito grande em atingirmos o nosso

propósito. Meu comentário é apenas uma chamada para a comunidade atuarial, tendo em vista meus comentários anteriores em relação à relevância deste tema para as empresas e a necessidade do protagonismo do atuário no planejamento da resiliência e adaptação climática das organizações.

Qual o papel do Atuário e como ele pode ser protagonista neste tema?

Ótima pergunta! Vejo o atuário como um profissional altamente versátil, com uma visão holística de negócio, que vai além das análises técnicas de projeções/modelagem de risco e econômico-financeiras, considerando também o impacto mais amplo de suas decisões e cálculos no ambiente organizacional.

Neste cenário, os atuários que estiverem realmente engajados com este tema terão muitas oportunidades em todo o processo para apoiar no desenvolvimento de resiliência e adaptação climática das empresas, de setores da economia, avaliando os riscos e as oportunidades e apoiando a alta administração das empresas na tomada de decisões.

É importante que a nossa comunidade invista no conhecimento de novas metodologias para gestão e mensuração destes riscos, uma vez que os modelos tradicionais não terão necessariamente a aderência necessária. Esse investimento deve considerar também o conhecimento em novas ferramentas e no conhecimento dos fatores relacionados às mudanças climáticas, bem como a correlação destes temas com o aumento e severidade dos eventos extremos. 🌧️

ATIVOS GARANTIDORES EM RPPS: A ÓTICA ATUARIAL VERSUS A TRADICIONAL

atuariais impacta a sociedade, que pode sofrer com a redução de serviços públicos devido ao redirecionamento de recursos para cobrir déficits ou para o pagamento de aposentadorias e pensões no futuro.

O resultado do trabalho sofisticado que os atuários produzem, na condição de assessores, consultores ou vinculados aos RPPS, gera impactos por uma, duas e até três gerações a depender da implementação efetiva da gestão previdenciária. As avaliações atuariais subsidiam o monitoramento de qualidade da gestão previdenciária como um todo, que necessita ser adicionada pela efetiva adimplência das contribuições pelo Ente.

São essenciais os cálculos do Custo Normal, do Valor Atual dos Benefícios e dos Salários Futuros, além da tempestividade na entrega, contabilização do passivo atuarial, adequação de hipóteses e cumprimento da legislação vigente. Embora, de fato, o cálculo atuarial não seja trivial, as ideias subjacentes aos números constantes em um relatório de avaliação atuarial do RPPS podem e devem ser difundidas. Sem isso, os relatórios de avaliação atuarial não alcançam todo o potencial que

Os Regimes Próprios de Previdência Social (RPPS) destinados aos servidores públicos da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios e aos militares da União, geridos pelos respectivos governos, com fundamento nos artigos 40 e 142 da Constituição Federal ocupam uma discussão central quando se buscam alternativas aos déficits atuariais.

O ambiente político-partidário e os aspectos ideológicos dos RPPS impõem especificidades que fogem à atuária tradicional. A aplicação dos cálculos atuariais nos RPPS tem relevância social e afeta diretamente as finanças públicas. A gestão dos déficits

Divulgação



MÁRIS CAROLINE GOSMANN

ATUÁRIA, AUDITORA NO TCE-ES, PROFESSORA DA UFRGS

@LINKEDIN:

[HTTPS://WWW.LINKEDIN.COM/IN/MARISCAROLINE/](https://www.linkedin.com/in/mariscaroline/)



Adobe Stock

possuem para serem direcionadores da gestão dos RPPS.

Para além da visão dos passivos e compromissos, é necessário adentrarmos na discussão dos ativos garantidores e dos créditos a receber em fluxos futuros pela relevância na sustentabilidade financeira e atuarial. Ao utilizar uma ótica atuarial para além do que está previsto na legislação brasileira, as definições e características desses ativos e desses créditos possibilitam uma reflexão importante.

A gestão de investimentos nos RPPS deve equilibrar a busca por retornos adequados com a segurança dos ativos, sempre mantendo o foco no cumprimento das obrigações previdenciárias. Para além dessa gestão clássica têm se buscado soluções para cobrir déficits atuariais em RPPS que desenham alternativas das mais diversas para que ‘coisas’

sejam consideradas como ativos garantidores ou incorporadas nos fluxos atuariais como ‘redutores’.

A gestão de investimentos e a efetiva realização dos fluxos de créditos futuros em RPPS são pilares essenciais para garantir a sustentabilidade de longo prazo desses regimes. A partir da perspectiva atuarial, a escolha dos ativos garantidores deve ser pautada pela necessidade de assegurar a **solvência e a liquidez** do sistema previdenciário, garantindo o pagamento dos benefícios futuros. No entanto, a visão tradicional de investimentos é de consideração sobre **risco e retorno** e a realidade demonstra que, muitas vezes, os investimentos realizados não cumprem adequadamente sua função, colocando em risco a saúde financeira do RPPS, ou trazendo uma *distorção* para dentro do sistema.

ÓTICA TRADICIONAL: RISCO E RETORNO

A gestão de investimentos tradicionalmente adota uma abordagem centrada na maximização do retorno ajustado ao risco. Embora essa visão seja relevante em muitos contextos financeiros, ela pode se tornar perigosa quando aplicada sem a devida atenção às especificidades dos RPPS.

A visão tradicional valoriza o retorno dos ativos de forma isolada, priorizando a obtenção de ganhos financeiros no curto prazo, sem considerar integralmente as características dos passivos previdenciários. O risco, dentro dessa abordagem, é avaliado de forma mais focada no curto prazo, muitas vezes sem a devida consideração das implicações a longo prazo para o sistema previdenciário. O perigo dessa abordagem é que, ao focar apenas em retornos, os gestores podem negligenciar a sustentabilidade do regime e expô-lo a riscos que, no futuro, comprometam a capacidade do RPPS de honrar seus compromissos com os segurados.

ÓTICA ATUARIAL: SOLVÊNCIA E LIQUIDEZ

Por outro lado, a visão atuarial para a gestão de investimentos é essencialmente focada na solvência e liquidez de longo prazo do RPPS. Sob essa perspectiva, os ativos garantidores devem ser considerados com base em uma análise específica das obrigações atuariais futuras e das características dos passivos previdenciários. O atuário, juntamente com as aprovações nas instâncias

“

A gestão de investimentos nos RPPS deve equilibrar a busca por retornos adequados com a segurança dos ativos, sempre mantendo o foco no cumprimento das obrigações previdenciárias

”

relacionadas, nesse contexto, vai além dos cálculos técnicos, com postura estratégica ao direcionar a alocação de recursos para investimentos que ofereçam segurança e previsibilidade.

O principal desafio é garantir que os investimentos suportem o pagamento dos benefícios previdenciários a médio e longo prazo, evitando a necessidade de aportes adicionais pelos entes federativos e que não se faça a consideração de ativos inadequados que, na realidade, não asseguram nada no futuro. O foco na liquidez é outro aspecto central da ótica atuarial, pois é necessário que os RPPS mantenham uma reserva de ativos líquidos suficiente para garantir o pagamento imediato das obrigações, sem depender excessivamente da venda de ativos com menor liquidez.

OS ATIVOS GARANTIDORES

Os ativos garantidores objetivam assegurar o cumprimento dos compromissos previdenciários, tais como o pagamento de aposentadorias e pensões. São compostos por uma diversidade de instrumentos financeiros para corresponder às

reservas previdenciárias. Segundo a Portaria MTP nº 1.467/2022:

“Ativos garantidores dos compromissos do plano de benefícios: somatório dos recursos provenientes das contribuições, das disponibilidades decorrentes das receitas correntes e de capital e demais ingressos financeiros auferidos pelo RPPS, e dos bens, direitos, ativos financeiros e ativos de qualquer natureza vinculados, por lei, ao regime, destacados como investimentos, conforme normas contábeis aplicáveis ao setor público, excluídos os recursos relativos ao financiamento das despesas administrativas do regime e aqueles vinculados aos fundos para oscilação de riscos e os valores das provisões para pagamento dos benefícios avaliados em regime de repartição de capitais de cobertura.” (Portaria MTP nº 1.467/2022 Anexo VI Art. 2, inciso IV)

De acordo com a legislação vigente, os RPPS devem manter um portfólio de investimentos selecionados considerando tanto o retorno financeiro quanto a segurança de sua aplicação que assegure a liquidez e a solvência para honrar os compromissos de longo prazo. A má alocação de ativos aumenta a vulnerabilidade dos regimes. Os ativos garantidores devem ter liquidez compatível com as obrigações do plano de benefícios, segundo a Portaria 1.467/2022. Art. 51. § 1º. A gestão de investimentos nos RPPS deve considerar o fluxo de caixa e a solvência atuarial em termos de liquidez efetiva no futuro para que os ativos não se tornem apenas

instrumentos formais, mas que realmente sirvam ao propósito de garantir os pagamentos de benefícios ao longo dos anos.

A IPC 14¹ trata dos procedimentos contábeis aplicados aos RPPS e traz, sobre imóveis:

Os imóveis de propriedade dos RPPS (...) devem cumprir a meta de rentabilidade do RPPS e sua política de investimentos. **Caso o imóvel não esteja cumprindo a política de investimento ou perfazendo destinação diversa, que não gere retorno financeiro, deverá ser excluído dos ativos do RPPS, não podendo fazer parte dos ativos garantidores do plano considerados na avaliação do resultado atuarial.** ICP 14 par. 128.

Os ativos garantidores devem estar de acordo com a Resolução CMN nº 4.963/2021, que regula as aplicações dos recursos dos RPPS. Sobre a aplicação em bens imóveis, com a edição da Resolução CMN nº 4.604, de 17 de outubro de 2017, foi revogado o Inciso III do art. 2º da Resolução CMN nº 3.922, de 2010, excluindo-se os imóveis dentre os segmentos de aplicação dos recursos dos regimes próprios, tendo-se também revogado, em decorrência, o art. 9º dessa última norma, que disciplinava aquela modalidade de aplicação. O RPPS não poderá investir recursos previdenciários em Imóveis para Investimentos, porém, poderá recebê-los em pagamento

¹ As Instruções de Procedimentos Contábeis – IPC são publicações que buscam auxiliar a União, os estados, o Distrito Federal e os municípios na implantação dos novos procedimentos contábeis.

Adobe Stock



das compensações financeiras, ou para cobertura do déficit atuarial em formas como aportes.

OS FLUXOS ATUARIAIS E OS RECEBIMENTOS DE CRÉDITOS FUTUROS

Os fluxos atuariais projetam receitas e despesas dos RPPS para avaliar sua capacidade de honrar obrigações futuras. Pela Portaria nº 1.467/2022, as receitas provenientes da exploração econômica ou da vinculação de bens e ativos vinculados ao RPPS podem ser

incluídas nos fluxos atuariais, desde que observados os princípios de razoabilidade e conservadorismo. O Art. 28, inciso V, indica observar a inclusão das previsões de receitas líquidas provenientes da exploração econômica ou da vinculação de bens, direitos e ativos vinculados ao RPPS não classificáveis como ativos garantidores dos compromissos do plano de benefícios. Esses créditos devem ser reconhecidos nas demonstrações contábeis e, se não cumprirem as exigências legais, podem comprometer a solvência e

“

Não é aconselhável a utilização de soluções paliativas e o aceite de ativos ou de créditos que não serão, efetivamente uma solução para o sistema

”

distorcer o resultado atuarial.


A inclusão de fluxos financeiros de ativos não classificados como investimentos é possível, desde que não usados para reduzir inadequadamente o passivo atuarial, especialmente sob a ótica atuarial (solvência e liquidez). Os gestores dos RPPS devem garantir que esses ativos contribuam para gerar receitas futuras, com seus resultados monitorados e divulgados para maior transparência.

A DISCUSSÃO ENTRE FAZER O QUE PRECISA OU CUMPRIR SOMENTE O QUE DEVE

Aqui fica evidente que as discussões de alternativas para o déficit atuarial como a previsão da Compensação Previdenciária, o uso do IRRF repasse futuro do Imposto de Renda Retido na Fonte e a formação de fundos imobiliários com imóveis de escolas municipais e estaduais que terão pagamento de aluguel (via recurso do FUNDEB) e distribuição de rendimentos das cotas não são opções simples de serem adotadas como soluções sem

a devida discussão da visão atuarial: solvência e liquidez para além da visão tradicional risco e retorno. Tem outra discussão social oculta nesta última alternativa que é o desvio de recurso da educação para a previdência, tema que daria um artigo adicional.

Como superar os desafios trazidos com as despesas previdenciárias e com a LRF – Lei da Responsabilidade Fiscal é uma busca que passa pela ciência atuarial e chega na sociedade de forma ampla. Os gestores dos RPPS, os órgãos reguladores, os órgãos fiscalizadores, os administradores dos Entes e a atuária têm um papel crucial na avaliação e na supervisão dos ativos garantidores, assim como dos créditos a receber em fluxos futuros, assegurando que o regime mantenha sua capacidade de honrar compromissos a longo prazo.

A gestão de investimentos em RPPS, portanto, não pode se limitar a uma abordagem única. A solução ideal está na integração das perspectivas atuarial e tradicional, com o objetivo de garantir não apenas retornos adequados, mas também a solvência e a liquidez do regime ao longo do tempo. Não é aconselhável a utilização de soluções paliativas e o aceite de ativos ou de créditos que não serão, efetivamente uma solução para o sistema. A combinação de uma visão estratégica a longo prazo, atenta aos passivos previdenciários e à dinâmica demográfica e social, é o caminho para garantir a sustentabilidade dos RPPS no Brasil. 

A Rodarte Nogueira, sempre buscando soluções para seus clientes, apresenta suas novas ferramentas, desenvolvidas para a automatização de cálculos atuariais, oferecendo soluções avançadas para o monitoramento contínuo de riscos e controles. Essas inovações têm como objetivo simplificar e aprimorar a gestão das Entidades Fechadas de Previdência Complementar e Operadoras de Planos de Saúde, proporcionando ferramentas de alta performance para simulações atuariais e cálculos de benefícios.

Conheça nossos Produtos



RUMOPrev

Sistema de avaliação atuarial para automatizar os cálculos atuariais necessários à mensuração dos custos e custeio de benefícios e teste de aderência, além de otimizar os processos operacionais.



RUMOGRS

Software de mapeamento e monitoramento contínuo de riscos para operadoras de planos de saúde: ferramenta tecnológica de apoio no cumprimento das obrigações legais.



RUMO Contingencial

Solução desenvolvida para simplificar e otimizar a apuração do compromisso financeiro e contábil de processos judiciais. Acesso remoto e atualização em tempo real do Exigível Contingencial.



RUMO Simuladores

Solução criada para otimizar as simulações atuariais e de cálculo de benefícios, especialmente em processos de migração. Eficiência, confiabilidade e customização para a gestão de cenários complexos e variados.



ESCANEE O QR CODE
E VISITE NOSSA PÁGINA
DE PRODUTOS





Adobe Stock

A IMPORTÂNCIA DO ATUÁRIO NA GESTÃO DO RISCO DE FRUSTRAÇÃO DE BENEFÍCIO EM PLANOS CD

Divulgação



CÁSSIA M. NOGUEIRA

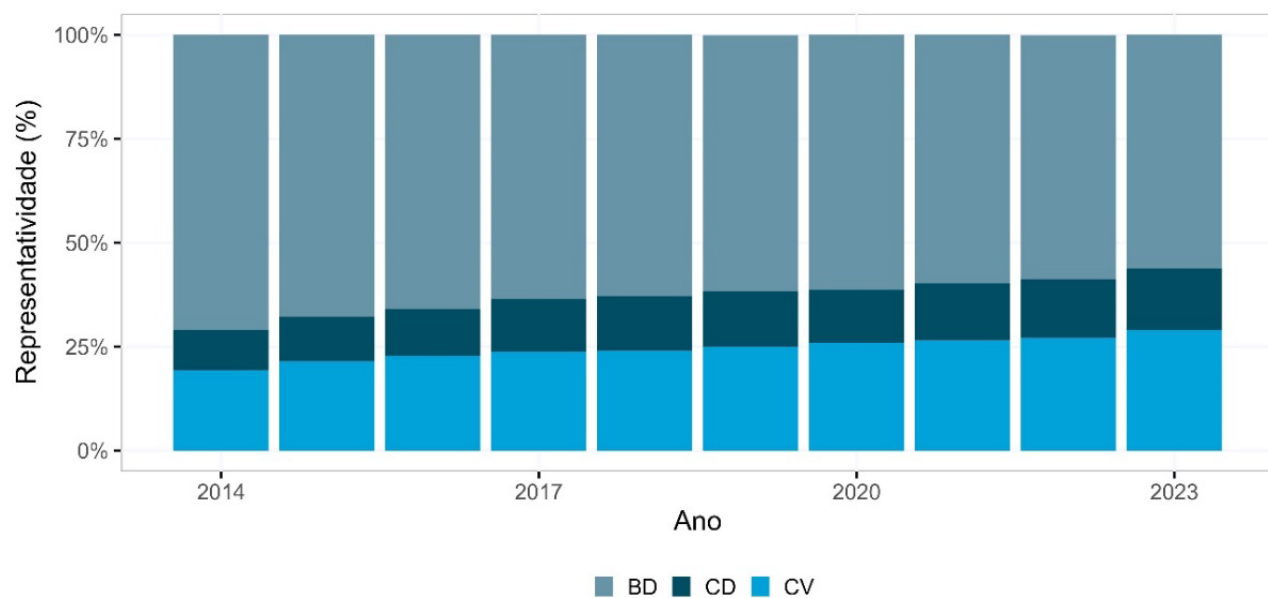
ATUÁRIA E SÓCIA
CONSULTORA
SÊNIOR DE
PREVIDÊNCIA DA
RODARTE NOGUEIRA
– CONSULTORIA
ATUARIAL

A previdência complementar brasileira está vivenciando uma reconfiguração em seus modelos de gestão, impulsionada pela perda de atratividade dos planos de Benefício Definido (BD). A complexidade desses planos, a maior sensibilidade das reservas técnicas às variações demográficas, econômicas e legais, elevando o risco do surgimento de déficits, e a busca por maior flexibilidade por parte dos participantes, têm levado a uma concentração na criação de planos nas modalidades de Contribuição Definida (CD) e Contribuição Variável

(CV) – uma especificidade trazida pela regulamentação brasileira, que pode ser associada aos planos mistos ou híbridos.

Segundo o Cadastro de Entidades e Planos da PREVIC (2024), não houve abertura de novos planos BD que não tenham sido decorrentes de transferência de gestão ou cisão de outros planos desta modalidade nos últimos 15 anos – o que segue a tendência global de interrupção da oferta de planos estruturados nessa modalidade, em prol dos planos estruturados na forma de contribuição definida e contribuição variável.

Os dados Consolidados Estatísticos da ABRAPP (2014, 2023) confirmam essa tendência no Brasil, com uma queda nos ativos investidos de planos BD entre 2014 e 2023 (de 71% para 56%) e um aumento na participação dos planos CD (de 10% para 15%) e CV (de 19% para 29%) no mesmo período.



Produzido por Rodarte Noqueira

Gráfico 1 – Representatividade dos ativos das EFPC por modalidade de plano

Embora os planos de Contribuição Variável (CV) tenham apresentado um crescimento patrimonial mais acentuado que os planos de Contribuição Definida (CD), como provável efeito das migrações iniciais dos planos BD, essa tendência deve se inverter nos próximos anos. Isso porque, ao conceder um benefício na modalidade CV, os riscos inerentes à modalidade BD, como a longevidade e a volatilidade da taxa de juros e dos mercados financeiros, voltam a se manifestar com a mesma intensidade, fazendo ressurgir o “fantasma” do déficit técnico, com expectativa de nova onda de migrações, agora para a modalidade CD.

O que explica o crescimento da modalidade CD?

A previdência complementar brasileira passou por uma transformação significativa desde 1980, quando todos os planos eram de Benefício Definido (BD). Atualmente, menos de um quarto dos planos são dessa modalidade (Informe

Estatístico PREVIC, 4º TRIM 2023) e, praticamente 50% já são da modalidade CD.

Essa mudança é resultado da crescente aversão das empresas aos riscos financeiros associados aos planos BD, que podem impactar negativamente seus balanços e orçamentos. Além disso, a maior mobilidade profissional dos trabalhadores, que dificilmente se aposentam na mesma empresa, tem sido um fator determinante para essa transição, impulsionando a demanda por planos mais portáteis e flexíveis. E os planos CD se adaptam melhor a essa nova realidade, oferecendo maior flexibilidade e permitindo que o trabalhador tenha mais controle sobre sua previdência complementar. Porém, não há garantia de benefício e nem a perspectiva de recebimento vitalício.

PRINCIPAL DESAFIO DA MODELAGEM CD

Diferentemente do que por vezes se propaga, os planos CD são suscetíveis

aos mesmos riscos financeiros e de longevidade dos planos BD, contudo, os seus efeitos recaem exclusivamente sobre o participante, a quem compete a responsabilidade pela preservação do seu benefício. Não há déficits contábeis a serem equacionados, mas para que a expectativa de recebimento do benefício não seja frustrada é preciso investir na capacidade de planejamento individual dos participantes e na performance dos investimentos.

O alinhamento das expectativas dos participantes, que buscam garantias de recebimento de complementações satisfatórias na aposentadoria pelo maior prazo possível, com os montantes que têm sido acumulados nos saldos individuais representam um dos grandes desafios dos planos CD.

Segundo descreve Claudemiro Quintal Junior em sua dissertação “Fundos de Pensão: Risco de Frustração de Expectativa de Benefícios em Planos de Contribuição Definida” (ENAP, Brasília/DF, 2022):

“A frustração de expectativa de benefícios é um risco cuja ocorrência pode trazer reflexo sobre a aposentadoria e a qualidade de vida do assistido, o que a eleva à categoria de um dos riscos mais importantes em um plano CD (...) Em função disso, medidas mitigadoras da ocorrência do risco de frustração de expectativa de benefício se fazem necessárias, especialmente, durante a fase de acumulação de recursos”.

E como conclusão do seu trabalho, ressalta:

“Os participantes que projetam seus benefícios futuros, realizam

“

O atuário opera em um plano CD como um consultor (analista), auxiliando na tomada de decisões e garantindo a segurança e a eficiência do plano

”

simulações dos valores que esperam receber como aposentadoria complementar e acompanham a evolução dos seus saldos de contas terão menos chances de experimentarem frustração de expectativa de benefício, uma vez que será possível realizar eventuais intervenções, sempre que houver ameaça de não atingir às suas expectativas, mitigando, dessa forma, a ocorrência do risco de frustração de expectativa de benefício”.

O PAPEL DO ATUÁRIO NA MITIGAÇÃO DO RISCO DE FRUSTRAÇÃO DO BENEFÍCIO

É sob essa perspectiva que o atuário, como profissional especializado em avaliar riscos e projetar o futuro financeiro de planos de pensão, desempenha um papel essencial na identificação e na mitigação do risco de frustração de expectativa de benefício. Sua especialização é crucial para garantir a sustentabilidade financeira desses planos ao longo do tempo, assegurando que as expectativas



Adobe Stock

futuras possam ser cumpridas. Afinal, mesmo que o benefício final seja diretamente ligado à contribuição regular destinada à constituição do saldo de conta do participante, diversos fatores podem influenciar o “resultado final”, e é aí que o atuário entra em cena.

Atuando como um verdadeiro “engenheiro financeiro”, o atuário utiliza modelos matemáticos e estatísticos para analisar dados demográficos, econômicos e financeiros, permitindo uma avaliação mais precisa dos riscos e das projeções futuras do plano. Deste

modo, tem papel fundamental na criação de simuladores que considerem cenários mais realistas de projeções de saldos e de conversões de benefícios, identificando-se, assim, possíveis desequilíbrios entre o benefício esperado (alvo) e o projetado e propondo medidas corretivas ao longo do tempo.

O PAPEL DO ATUÁRIO NOS DESAFIOS DA EDUCAÇÃO FINANCEIRA

A educação financeira é um investimento fundamental para o

sucesso dos planos de previdência, principalmente aqueles que oferecem aos participantes a liberdade de escolher como aplicar seus recursos, como os planos CD e CV. Ao fornecer informações claras e acessíveis sobre as diferentes opções de investimento, os riscos envolvidos e os benefícios a longo prazo, as instituições empoderam seus participantes a tomar decisões mais conscientes e alinhadas com seus objetivos de vida.

Os atuários, com sua expertise em cálculos atuariais e planejamento financeiro, desempenham um papel decisivo nesse processo. Eles podem auxiliar os participantes a entenderem como os fatores demográficos, econômicos e de mercado impactam seus planos de previdência, além de oferecer orientações personalizadas sobre a melhor forma de ajustar suas contribuições ao longo do tempo para garantir uma aposentadoria confortável e segura.

O PAPEL DO ATUÁRIO NA GESTÃO DE RISCOS NA MODELAGEM CD

O atuário cumpre uma importante função na Gestão de Riscos e Controles Internos da entidade ao identificar, avaliar e classificar os riscos envolvidos, principalmente os de *longevidade* e de *frustração do benefício futuro*. Dessa forma, desempenha um papel fundamental no desenvolvimento de modelos matemáticos e estatísticos para previsão de eventos, auxiliando de forma concisa na elaboração de simuladores que podem ajudar os

participantes na tomada de decisões.

Além disso, o atuário pode agir tanto no monitoramento dos riscos financeiros e operacionais, como na identificação de eventuais inconsistências na metodologia, cálculo e aplicação da “cota” e na conciliação das movimentações financeiras, visando assegurar a compatibilidade dos saldos com o patrimônio de cobertura do plano e sugerindo novos controles de mitigação desses riscos. Uma ferramenta fundamental nesse controle reside na importância da emissão do parecer atuarial anual que traga a opinião do atuário sobre os riscos que esse descasamento representa para o plano de benefício sempre que ele ocorre.

Em resumo, o atuário opera em um plano CD como um consultor (analista), auxiliando na tomada de decisões e garantindo a segurança e a eficiência do plano. Sua expertise em cálculos atuariais, estatística e finanças é fundamental para que a entidade atinja a excelência na gestão dos recursos que lhe foram confiados e os participantes possam alcançar seus objetivos previdenciais.

Sem a participação do atuário na sua concepção e gestão, os planos CD tornam-se meros modelos financeiros de acumulação de recursos que, em geral, não asseguram a proteção esperada na aposentadoria dos seus membros, afastando-se dos objetivos securitários básicos de uma previdência complementar digna, permitindo, por vezes, contribuições ínfimas de participantes e patrocinadores. ⚠



Adobe Stock

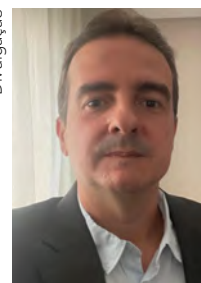
O FUTURO DO SEGURO DE PESSOAS

de pessoas no mercado informal de trabalho sem acesso a planos de saúde privados.

Diante desse contexto, as seguradoras têm a chance de ampliar consideravelmente sua penetração no mercado, mas com enormes desafios em criar produtos cada vez mais flexíveis com inovação em seus processos de aceitação e pagamento de benefícios, sem perder sua lucratividade. Para alcançar esses objetivos, proponho uma reflexão sobre os pontos em que as empresas vencedoras precisam aprimorar seu desempenho.

Um dos principais é **aprofundar a comunicação e a transparência**, com condições gerais de fácil entendimento, sem tantos jargões atuariais e “segurês”. A comunicação deve ser pensada e executada de forma clara e objetiva, de modo a tornar mais amigável e humanizado o pagamento de sinistros. Para tanto será necessário rever alguns riscos excluídos, como é o caso de epidemias e pandemias. Nesse ponto, as seguradoras precisam discutir seus contratos de resseguro para que não tenhamos as mesmas dificuldades de pagamento dos

Divulgação



**NELSON
EMILIANO COSTA**
DIRETOR TÉCNICO
ATUARIAL DA MAG
SEGUROS

Uma das consequências da pandemia sobre a população brasileira chamou atenção para a importância do seguro de vida no planejamento financeiro das famílias. Em uma pesquisa Fenaprevi/Datafolha em 2023, foi apurado que 40% dos entrevistados tiveram a vida afetada pela pandemia, principalmente pela perda financeira em consequência do falecimento de um parente, e que 20% dos que contrataram seguro de vida o fizeram por causa dela. Assim, foi reforçada a necessidade de proteção para morte e invalidez. Além disso, houve também o aumento dos gastos com saúde, agravado pelo alto número

sinistros enfrentadas à época da COVID-19.

Produtos flexíveis, como seguros ON/OFF, seguros incorporados a produtos ou serviços de terceiros, como por exemplo um seguro viagem na utilização de plataformas de reservas de hotéis e seguros de mobilidade pessoal, ou um seguro de acidentes pessoais ao se alugar uma bicicleta ou um patinete. Essas opções serão oferecidas em complemento às apólices tradicionais. Os clientes estão demandando serviços personalizados e adaptados tanto às suas necessidades momentâneas como orçamentárias.

Por este motivo, os seguros ON/OFF tornaram-se a solução perfeita para as novas gerações que buscam um produto que se adapte às suas necessidades e ritmo de vida. Este seguro é caracterizado por ser “on demand” e pode ser ativado e desativado a qualquer tempo através do celular de uma maneira fácil, rápida e intuitiva.

As **coberturas diferentes das tradicionais** também serão mais demandadas. Segundo o IBGE a taxa de trabalhadores informais no Brasil vem aumentando a cada ano e representou, em julho/2024, 38,7% das pessoas ocupadas, e a taxa de desemprego foi da ordem de 7%, o que colaborou para a redução de pessoas com planos de saúde e seguros de vida coletivos. Isso resultou na busca por outras coberturas que possam ser uma opção às amplas coberturas dos seguros de saúde. Planos com coberturas para Doenças Graves têm sido bastante procurados, além de produtos que paguem um capital segurado fixo por Cirurgias,

Diárias de Incapacidade Temporária e Diárias por Internação Hospitalar.

Será fundamental **focar na experiência do cliente**. Até 2030, o número de pessoas com 60 anos ou mais aumentará mais de 50%, segundo estudos da ONU. Doenças ligadas ao estilo de vida e comportamento, como diabetes, doenças cardíacas e câncer de pulmão, serão responsáveis por 71% de todas as mortes no mundo segundo a OMS. Esses fatores motivarão as seguradoras a envolverem os clientes na economia de valor compartilhado e de vida saudável para aumentar a sua longevidade e ter acesso a seguros mais acessíveis. A disseminação de dados e aparelhos conectados, conhecidos como “wearables”, facilitará a atuação ativa no gerenciamento da saúde do cliente, favorecendo a todos. As seguradoras poderão fornecer lembretes ou notificações personalizadas e oportunas sobre dieta, gerenciamento de doenças, consultas médicas, recursos de saúde e atividade física.

Produtos de seguro, como o Vitality, estão na vanguarda. Desenvolvido pelo Discovery Group na África do Sul, foi pioneiro no modelo de economia de valor compartilhado em seu design e precificação, levando à criação de um ecossistema de bem-estar engajado. Em 22 mercados, o programa viu uma redução de 35% na mortalidade entre membros e uma taxa de cancelamento de apólice 15% menor.

A subscrição evoluirá para aumentar a personalização e o envolvimento do cliente. Hoje em dia, as seguradoras se concentram

Adobe Stock



em automatizar o processo de subscrição para melhorar os ganhos de eficiência e reduzir inconsistências. Algumas avançaram para uma subscrição automática, o que quase levou à emissão automática de um grande volume de apólices. As companhias de seguros passarão por um processo de microsegmentação e personalização, onde são geradas propostas personalizadas com base em conjuntos de dados internos e externos completos e precisos. Finalmente, as seguradoras poderão fornecer uma subscrição com ajuste dinâmico com base no comportamento do cliente e oferecer ações personalizadas para impulsionar hábitos saudáveis e um estilo de vida equilibrado.

Os corretores continuarão a desempenhar um papel crítico

para alcançar os clientes, então as empresas devem adotar a integração de canais físicos e digitais para facilitar essa jornada. As companhias podem direcionar leads para o canal que melhor atende às necessidades de cada segurado municiando os agentes com análises avançadas sobre sua base de clientes. Ao longo do ciclo de vida, as seguradoras se envolverão em interações personalizadas para promover vendas cruzadas e alcançar proativamente os clientes que estariam propensos a cancelar. Essas interações reduzirão os custos de aquisição, gerarão novos prêmios e reduzirão o cancelamento.

Os benefícios podem ser superados ao se concentrarem em como os clientes se sentem em relação ao produto. Para fazer

a transição de uma abordagem centrada no produto para uma abordagem centrada no cliente, as empresas devem considerar:

Conhecer o cliente: realizar pesquisas, entrevistas e análises de dados para obter insights sobre suas necessidades, desejos, preferências e emoções.

Criar uma jornada do cliente: identificar os pontos de contato e interação em que as emoções desempenham um papel significativo. Forneça experiências positivas e memoráveis em cada etapa da jornada.

Personalizar as interações: usar dados e insights para oferecer uma experiência personalizada, mostrando que você valoriza e entende as necessidades individuais de cada cliente.

Focar na empatia: tentar entender as emoções e motivações que influenciam as decisões dos clientes.

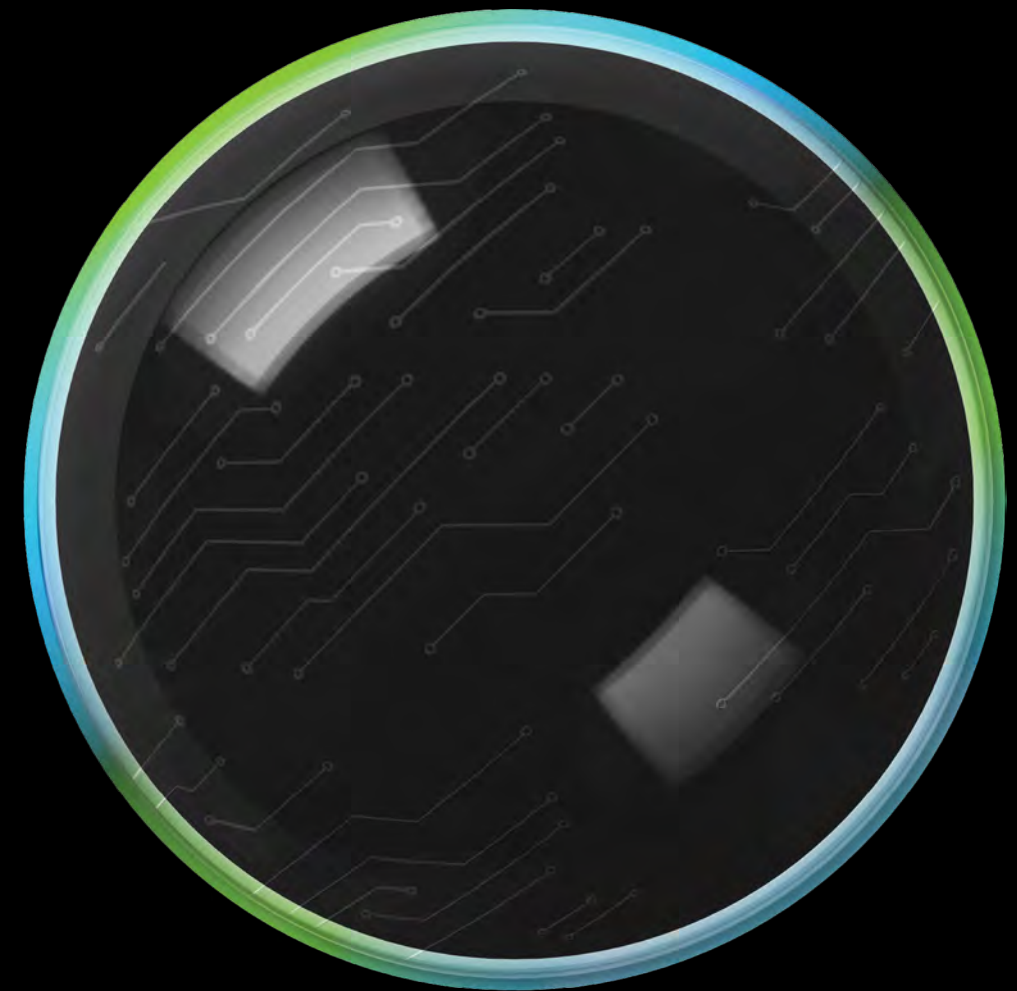
Para cortar despesas e ampliar a experiência dos clientes será usada a tecnologia. As companhias de seguros empregarão cada vez mais Inteligência Artificial para aprimorar sua eficiência, diminuir despesas e oferecer um serviço de maior qualidade. Estas ações têm como objetivo impulsionar as relações com o consumidor para subscrição, prevenção de fraudes, pagamento otimizado de sinistros e fidelização de clientes.

Até 2030, 44% das atividades de trabalho de seguros têm o potencial de serem automatizadas, segundo pesquisa da McKinsey. Por isso, **desenvolver habilidades e capacidades** será fundamental. Funções que se concentram em trabalhos repetitivos e manuais deixarão de existir, enquanto trabalhadores com conhecimento em tecnologia aumentarão em valor. Habilidades emocionais, interpessoais e sociais também se tornarão mais críticas, especialmente para agentes de atendimento que podem ajudar os consumidores a lidarem com suas necessidades financeiras e de cobertura. Nessa pesquisa, 75% dos executivos concordam que a qualificação de funcionários deve ser responsável por pelo menos metade da solução para a lacuna de habilidades. Quem prioriza esses esforços e desenvolve modelos operacionais capazes de responder às demandas em mudança se distinguirá dos pares e se posicionará na vanguarda da “preparação para o futuro” de sua força de trabalho.

Por fim, mas não menos importante, as **práticas ASG** serão cada vez mais incorporadas nas seguradoras, pois os consumidores estão cada vez mais conscientes de questões socioambientais e de responsabilidade social. Tais práticas são indicadores de que uma empresa está comprometida com a proteção do meio ambiente, a melhoria da qualidade de vida e a transparência da gestão. Empresas que adotam essas práticas são mais propensas a atrair clientes e investidores e a fidelizar os clientes que já têm. 🕒

Sabemos que cada empresa é única e possui necessidades específicas de acordo com seu segmento de atuação. A Deloitte possui especialistas no segmento de seguros e oferece uma abordagem inovadora para atender necessidades atuais, como a adequação à regulamentação ORSA, e futuras.

Conte com a Deloitte para seus desafios atuariais, financeiros e muito mais.



Deloitte.



ENTRADA DE GERAÇÃO FUTURA, ATUARIALMENTE CALCULADA, VOLTADA PARA OS REGIMES PRÓPRIOS DE PREVIDÊNCIA SOCIAL

em vista uma hipótese formulada atuarialmente e que impactará nos compromissos futuros do Plano de Benefícios Previdenciais. Dessa forma, será criada uma massa virtual de servidores. Ao longo dos anos seguintes, atuarialmente, o Plano terá duas massas de servidores – uma real, que diminuirá, e a outra virtual, que pode aumentar ou diminuir a quantidade de servidores e consequentemente afetar os compromissos futuros desse Plano, motivo pelo qual essa técnica é denominada pelos atuários brasileiros de “Geração Futura”.

Focando em Planos de Benefícios Previdenciários no âmbito dos Regimes Próprios de Previdência Social (RPPS), essa reposição de ativos pressupõe que os servidores irão falecer, invalidar, sair do plano e principalmente se aposentar ao longo dos próximos anos. Logo, tal técnica mantém um nível igual ou inferior à massa atual dos servidores ativos na data da Avaliação Atuarial, sustentando a ideia de que o Plano não irá acabar, e que o Ente Federativo continuará “contratando” servidores nos próximos anos.

INTRODUÇÃO

A Resolução CNRPPS/MTP N° 5/2024 reacende as discussões sobre a técnica atuarial de reposição de servidores em atividade nos Entes Federativos com Regime Próprio de Previdência Social. Essa técnica é norteadada pela reposição, ou não, desses servidores em atividade que se desligaram do Ente Federativo, seja por motivo de aposentadoria, invalidez ou morte, ou ainda, por desligamentos funcionais.

A reposição de servidores poderá ou não acontecer, contudo, o fluxo de entradas e saídas é identificado tendo

Divulgação



ANDRÉ CONDE
CONSULTOR
DA CONDE
CONSULTORIA
ATUARIAL



Adobe Stock

Para determinar qual a reposição será, hipoteticamente, utilizada ao longo do fluxo atuarial, devemos realizar estudos atuariais para determinar o nível de reposição que o atuário utilizará. A reposição do servidor que se desligará será, por exemplo, de um por um, um por dois ou um por 0,9? Poderá ser estratificada por carreiras, por cargos, ou ainda, por sexo? Existe um banco de dados com informações consistentes e confiáveis para que seja efetuado um estudo técnico-atuarial?

Apesar de ser uma técnica atuarial há muito tempo utilizada em segmentos que envolvem previdência e seguros, a evolução de novas tecnologias facilita o aprimoramento das hipóteses a serem adotadas. Contudo, a “matéria-prima” para elaboração das simulações atuariais – a base de dados – nem sempre está disponível. Muitos Entes Federativos, além de não terem as bases de dados de exercícios anteriores, quando as tem, são de baixa qualidade, de tal forma a comprometer os resultados dos estudos atuariais.

QUE INFORMAÇÕES SÃO NECESSÁRIAS PARA OS ESTUDOS DE “GERAÇÕES FUTURAS”

Em um estudo voltado a “Gerações Futuras”, não basta identificar quantos servidores o Plano de benefícios terá ao longo dos anos, estimando as entradas e saídas de servidores, ou seja, identificando as políticas de reposição do Ente Federativo. O atuário do Plano de Benefícios deverá determinar quais são as características desses servidores para identificar atuarialmente os compromissos

futuros do Plano de Benefícios, em outras palavras, as receitas e despesas do Plano.

Para a identificação dos compromissos precisaremos de uma base de dados com outras informações, além da quantidade de servidores, tais como a remuneração, o salário de contribuição, a data de nascimento dos servidores, o tempo de contribuição para outros planos de benefícios, sejam eles do RPPS ou do RGPS, sexo e dados da família do servidor, para efeitos da pensão por morte. É do nosso conhecimento que o atuário do plano, como hipótese, considera que o servidor virtual que substituirá o servidor real que se desliga seja um “clone” – considera-se que esse servidor entrante (virtual) terá exatamente as mesmas características que o servidor que está saindo tinha ao entrar no plano.

Como exemplo, tivemos uma aposentadoria de um servidor do sexo masculino, com 65 anos de idade e um com salário de contribuição de R\$ 10.000,00. Para repor esse servidor no “método clone”, verificamos todas as informações de entrada como idade (data de inscrição no Plano ou data de contratação no Ente), salário (regressão do salário utilizando o crescimento salarial, tempo em outros regimes, estado civil, se possui dependentes), entre outras informações que o atuário utilizará na Avaliação Atuarial.

Existem outros métodos além do citado “método clone”, contudo devemos destacar a liberdade e criatividade do atuário responsável



Adobe Stock

pela avaliação atuarial, no sentido de desenvolver novas metodologias, desde que sejam descritas em Nota Técnica Atuarial (NTA). O “método clone” nem sempre se adequa às situações estudadas, tanto no que se refere à data de entrada há mais de quatro décadas, à política salarial e à família. Enfim, as hipóteses precisarão ser revistas.

A TÉCNICA “GERAÇÃO FUTURA” UTILIZADA PARA MANIPULAR RESULTADOS

Existem discussões no sistema voltadas à utilização da técnica da Geração Futura. No passado, o método era utilizado por alguns atuários indevidamente para modificar os resultados de equilíbrio de Planos de Benefícios: de uma situação deficitária, passavam para a situação superavitária.

Logo, tratava-se de uma técnica atuarial que deveria ser proibida. Contudo, na nossa opinião, o órgão fiscalizador, bem como os mecanismos que os Entes Federativos têm para fiscalizar seus Planos de Benefícios podem, de forma eficiente e eficaz, identificar se existem procedimentos inadequados sendo utilizados em certos planos de benefícios.

Um dos mecanismos muito utilizados em Planos de Benefícios é a previsão em uma Nota Técnica Atuarial (NTA) de como foi elaborada a aplicação da “Geração Futura” no plano em questão. Na dúvida, deve ser solicitada uma auditoria atuarial, pois, como base no que está disposto na NTA, a disponibilização das informações técnicas da avaliação atuarial, bem como o acesso às bases de dados, certamente, viabilizarão

a identificação dos resultados fidedignos ou não.

Temos certeza de que a avaliação atuarial de um Plano de Benefícios, com ausência da hipótese de “Geração Futura”, ou seja, que não haverá incrementos ou reduções na massa futura de servidores, poderá, em certas situações, estar mais próxima de um resultado fora da realidade do que aqueles resultados gerados considerando a hipótese de geração futura.


OUTRAS QUESTÕES

Gostaria de compartilhar com nossa comunidade atuarial alguns pontos que em minha opinião são de extrema importância e têm na Geração Futura extrema relevância. O primeiro ponto é sobre a última reforma da Previdência Social Brasileira – Emenda Constitucional Nº 103. Apesar de estar tramitando o projeto da PEC Nº 66, as regras alteradas para essa reforma, que afetaram os segurados da Regime Geral de Previdência Social (RGPS), não foram obrigatórias para os Regimes Próprios de Previdência Social (RPPS). Assim, cada RPPS elaborou a sua reforma, sendo que alguns se igualaram às regras da EC 103 e outros utilizaram regras diferentes, inclusive determinando que as novas regras para concessão de benefícios só serão aplicadas para os novos servidores (Geração Futura). Obviamente, se não utilizarmos a geração futura para esses planos não teremos mensurado quais os impactos que esses Planos tiveram em seus compromissos (Custo/Reservas Matemáticas). Ao

utilizarmos apenas o resultado da geração atual estaríamos, no caso de plano deficitário, equacionando um déficit que provavelmente tenha sido evitado pela utilização da hipótese da Geração Futura.

Devemos lembrar que alguns planos reformaram as regras de elegibilidade, por exemplo, a idade de aposentadoria de 60 anos e com 35 anos de tempo de contribuição para uma idade mínima de 65 anos para homens com 25 anos de tempo de contribuição. Como base nesse exemplo, um servidor que poderia se aposentar aos 60 anos de idade e se aposentará aos 65 anos, terá 5 anos a mais de contribuição e quase 5 anos a menos para receber o benefício. Se a Reserva Matemática de um servidor ativo é VABF (Valor Atual dos Benefício Futuros) – VAFC (Valor Atual das Contribuições Futuras), em resumo $RM = VABF - VAFC$, temos um ganho significativo em ambos os lados, simplificada resultando em quase 10 anos de ganho atuarial (redução de Reserva Matemática).

Destaco também que ao elaborar as Avaliações Atuariais com a geração futura o atuário traz a possibilidade de melhorar a gestão no RPPS e se aproxima da realidade para os estudos com objetivo do cumprimento da Lei Complementar nº 101, de 2000 – Lei de Responsabilidade Fiscal (LRF).

Os assuntos tratados neste artigo estão sendo discutidos no CT de Previdência Pública do IBA e pelo mercado através da Comissão de Atuaria do CONAPREV, do qual tenho o imenso prazer em participar, expressando aqui minha opinião em particular. 

SEGMENTAÇÃO ATUARIAL PRUDENCIAL DE PLANOS DE BENEFÍCIOS COM ANÁLISE DE *CLUSTER*

aproximadamente R\$ 90 bilhões² em benefícios. O papel socioeconômico dos fundos de pensão na manutenção de renda na fase pós laboral dessa parcela da população que auferem ganhos acima do teto da previdência social é de notória relevância. Por isso, aspectos relacionados à solvência, à liquidez, à higidez atuarial, financeira e econômica dos planos de benefícios são condições *sine qua non* para que o propósito de existência dessas instituições seja atingido: o fidedigno pagamento dos benefícios pactuados.

Sob a perspectiva da missão do Estado em assegurar o cumprimento do objetivo dos fundos de pensão na gestão dos planos de benefícios, cabe ressaltar que há de se dedicar maior esforço supervisor, traduzido em recursos humanos, tecnológicos e tempo de supervisão para aqueles planos

Divulgação



TAIS NOVO DUARTE

ESPECIALISTA EM PREVIDÊNCIA COMPLEMENTAR E COORDENADORA DE NORMAS DE ATUÁRIA NA PREVIC

INTRODUÇÃO

Os planos de benefícios previdenciários administrados pelas entidades fechadas de previdência complementar são responsáveis pelo complemento da renda de cerca de 900 mil¹ assistidos e beneficiários com pagamento anual de

1 Conforme publicação constante do sítio da Superintendência Nacional de Previdência Complementar – Informe Estatístico 4º trimestre 2022 (<https://www.gov.br/previc/pt-br/publicacoes/informe-estatistico-trimestral/2022/informe-estatistico-4deg-trimestre-2022/view>) e Relatório Gerencial de Previdência Complementar – março 2023 (https://www.gov.br/previdencia/pt-br/assuntos/previdencia-complementar/mais-informacoes/arquivos/rgpc_supl_2023.pdf).

2 Conforme publicação constante do sítio da Superintendência Nacional de Previdência Complementar – Informe Estatístico 4º trimestre 2022 (<https://www.gov.br/previc/pt-br/publicacoes/informe-estatistico-trimestral/2022/informe-estatistico-4deg-trimestre-2022/view>) e Relatório Gerencial de Previdência Complementar – março 2023 (https://www.gov.br/previdencia/pt-br/assuntos/previdencia-complementar/mais-informacoes/arquivos/rgpc_supl_2023.pdf).

que apresentam maior risco de não pagamento dos benefícios pactuados. Dentro dessa lógica, também conhecida como Supervisão Baseada em Risco (SBR), que se trata de uma abordagem estruturada com foco no diagnóstico precoce de potenciais riscos enfrentados pelos fundos de pensão, assim como a avaliação de fatores operacionais e financeiros existentes para minimizar e mitigar tais riscos³, este trabalho se propõe a trazer uma segmentação dos planos de benefícios, levando em consideração aspectos atuariais e financeiros.

Com o objetivo de agrupar os planos de benefícios de acordo com as variáveis de risco em estratos homogêneos internamente e heterogêneos entre si, a análise de *cluster* foi eleita por ser uma técnica exploratória não supervisionada sem caráter preditivo, mas sim investigativo para fins de direcionamento das ações prudenciais de supervisão e de regulação a serem exercidas.

O trabalho aqui realizado se propõe a investigar os planos de benefícios nas modalidades benefício definido (BD) e contribuição variável (CV)⁴, ou seja,

3 Tradução livre da definição contida no documento “Toolkit for Risk-based Supervision – Module 0 – Introduction to Risk-based supervision”, 2012 (<https://www.iopsweb.org/rbstoolkit/Module0Introduction.pdf>).

4 Planos de benefício definido (BD) são aqueles cujos benefícios têm seu valor previamente estabelecido e seu custeio determinado atuarialmente, ou seja, o valor do benefício é uma variável independente e a contribuição é uma variável dependente. Os planos na modalidade contribuição definida (CD) são aqueles cujos benefícios têm seu valor permanentemente ajustado ao saldo de conta mantido em favor do participante, considerando o resultado líquido de sua aplicação, os valores aportados e os

aqueles que levam em consideração premissas atuariais do ano de 2021, quando houve um aumento significativo do déficit técnico atuarial do sistema como um todo, por conta dos efeitos da pandemia. Esses planos apuram o resultado atuarial que deve ser tratado a depender do valor apurado, além disso, buscam identificar potenciais riscos atuariais e padrões de comportamento que possam contribuir com a área de pesquisa de previdência complementar fechada. O modelo de aprendizado de máquina não supervisionado escolhido foi a análise de *cluster*, primeiramente hierárquica e, por fim, não hierárquica a fim de encontrar um número “k” de *clusters*, identificando semelhanças e diferenças entre as observações, agrupando os planos de acordo com as variáveis eleitas, as quais representam fatores de risco atuarial.

MATERIAL E MÉTODOS

As etapas seguidas para a realização desse trabalho foram: i) extração e preparação dos dados; ii) análise exploratória da base de dados; iii) análise de *cluster* e iv) análise de variância (ANOVA).

i) Extração e preparação dos dados: os dados escolhidos se encontram na base de dados da Superintendência Nacional de Previdência Complementar (Previc) denominada “INFGER” e abrangem observações de 535 planos de benefícios, todos posicionados em 31/12/2021.

Entre as variáveis escolhidas, estão informações atuariais dos planos de

benefícios pagos. Já os planos de contribuição variável (CV) são aqueles cujos benefícios conjugam características das modalidades BD e CD.

benefícios (provisões matemáticas totais, déficits atuariais e duração do passivo), informações financeiras dos planos de benefícios (patrimônio de cobertura e taxa real anual de juros) e informações cadastrais (entidade fechada de previdência complementar, cadastro nacional de plano de benefícios, patrocínio predominante e modalidade de plano).

ii) Análise exploratória dos dados: antes da realização da análise propriamente dita, foi realizada a descrição dos dados, abordando amplitude, máximos, mínimos, médias e medianas, com intuito de ter uma visão geral sobre as observações.

iii) Análise de agrupamentos de planos de benefícios: a escolha do algoritmo de agrupamento foi feita de acordo com as características dos dados e do objetivo da pesquisa. O método de aglomeração não-hierárquico “k-means” foi escolhido após a realização da análise hierárquica aglomerativa e visualização dos dendrogramas. Primeiramente foi realizada uma análise descritiva

das observações, logo em seguida houve a aplicação dos métodos de agrupamentos, primeiro hierárquica aglomerativa e depois a não-hierárquica “k-means”, assim como a elucidação dos resultados após a clusterização.

iv) Análise de variância (ANOVA): com objetivo de investigar se o vetor com as médias das observações são iguais ou apresentam diferenças significativas entre elas foi realizada ANOVA com todas as variáveis escolhidas, buscando identificar quais mais ajudaram a formar os agrupamentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Algumas variáveis foram coletadas dos balancetes contábeis (Provisões matemáticas totais, Patrimônio de cobertura e Déficit total) e outras coletadas das demonstrações atuariais (Duração e Taxa real anual de juros) totalizando 535 observações posicionadas em 31/12/2021. As variáveis da amostra estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Variáveis da amostra

Nome	Tipo	Descrição
SG_EFPC	Caracteres	Sigla que informa o fundo de pensão ao qual o plano de benefícios está vinculado
NU_CNPB	Numérica (ID)	Identificador do plano de benefícios, cadastro nacional de plano de benefícios
MODALIDADE	Caracteres (categórica)	Informa a modalidade do plano: benefício definido (BD), contribuição definida (CD) ou contribuição variável (CV)
108/109	Numérica (categórica)	Define a legislação aplicável ao plano de benefício a depender do patrocínio, se público (108) ou privado (109)
Prov_Totais	Numérica	Representa todos os valores de compromissos atuariais do plano (provisões totais), tanto com benefícios em fase de acumulação, quanto com benefícios já em fase de pagamento
Patr_Cober	Numérica	Representa os bens e direitos (patrimônio de cobertura) com os quais o plano de benefícios pode contar para o pagamento dos benefícios pactuados

Nome	Tipo	Descrição
Taxa_Atuarial	Numérica	Representa o valor esperado de rentabilidade futura dos investimentos e é a taxa de desconto para apuração do valor presente dos fluxos de benefícios e contribuições de um plano de benefícios
Deficit_total	Numérica	Representa a diferença entre os compromissos e bens e direitos dos planos de benefícios acrescidos de dívidas contratadas para equacionamento de déficit, ou seja, representa todo o valor em uma determinada data de recursos não acumulados para o pagamento dos benefícios pactuados
Duração	Numérica	Representa a <i>duration</i> do fluxo das provisões matemáticas (passivo atuarial) do plano de benefícios, a sensibilidade desse fluxo à mudança na taxa de juros e indica a maturidade de uma massa coberta por um plano de benefícios

Fonte: Dados da base de dados INFGER da Previc

Na etapa de pré-processamento dos dados, foram verificados “missing values” para as variáveis “Taxa_atuarial” e “Duração”, as quais foram retiradas para o benefício da aplicação da análise de cluster.

Após a realização dos procedimentos

de pré-processamento, é importante obter uma visão geral dos dados escolhidos, buscando entender suas distribuições, escalas, medidas de posição e centro, assim como valores mínimos e máximos.

Segue Tabela 2 com resumo das observações da amostra.

Tabela 2. Análise descritiva geral dos dados da amostra (valores monetários em R\$ milhões)

Variável	Mínimo	1º Quartil	Média	Mediana	3º Quartil	Máximo
Prov_Totais	0,13964	54,27575	0,00000	1.782,95314	234,23799	815,57619
Patr_Cober	-146,76364	52,02767	0,00000	1.598,57839	247,23789	792,70641
Taxa_Atuarial	0,00%	3,8%	4,21%	4,25%	4,75%	5,51%
Deficit_total	0,00000	0,00000	0,00000	170,10333	0,00000	2,11565
Duration	2,25	8,83	10,67	10,17	11,67	25,91

Fonte: Resultados originais da pesquisa

É possível verificar que os dados monetários (Provisões totais, Patrimônio de cobertura e Déficit) tem escalas que variam de milhões negativos a bilhões positivos, ao passo que as variáveis não monetárias (Taxa atuarial e Duração) variam de 0 a 25,91. Para o tratamento das diferentes escalas e para fins

da análise de dados foi necessária a transformação dos dados pelo “ZScore”, fazendo com que todas as variáveis tenham média 0 e desvio padrão 1.

Adicionalmente, também foi avaliada a matriz de correlação das variáveis transformadas, utilizando o coeficiente de Correlação de Pearson

para tal análise. Os resultados se encontram na Figura 1. As variáveis que se mostraram com altas correlações foram “Prov_Totais” e “Patr_Cober”, confirmando o fato de que os ativos e os passivos de um plano de benefícios variam conjuntamente. A variável “Deficit_total” apresentou correlação digna de menção com as variáveis “Prov_Totais” e “Patr_Cobertura”, confirmando o fato de que um resultado negativo apurado para um plano de benefícios tem relação maior com a variação do passivo atuarial desse mesmo plano, refletido pelo cálculo das provisões matemáticas, assim como tem relação (menor) com a variação dos ativos do plano.

Levando em consideração a amplitude, a distribuição, a correlação das variáveis e tendo em mente o direcionamento da supervisão atuarial dos planos de benefícios (monitoramento, fiscalização, licenciamento e regulação) de acordo

com os fatores de risco (variáveis) aqui propostos, passamos agora para as escolhas de métodos de análise.

Primeiramente, foi realizada uma análise de cluster hierárquica aglomerativa utilizando a distância Euclidiana e analisando quatro métodos de encadeamento para fins comparativos (*single, complete, average e Ward*) e todos os dendrogramas apontaram para um número de clusters entre 5 e 7. Após esse procedimento, utilizou-se o Método Elbow para visualizar o número de centróides (ou centros de aglomeração) mais recomendado a fim de que a soma dos quadrados das distâncias entre as observações fosse minimizada. O resultado se encontra na Figura 2.

Conforme pode-se observar, a análise do Método Elbow demonstra que o número de clusters parece ser 5, dada a queda significativa na soma dos quadrados das distâncias até esse número de agrupamentos.

Figura 1. Matriz de correlação das variáveis
Fonte: Resultados originais da pesquisa



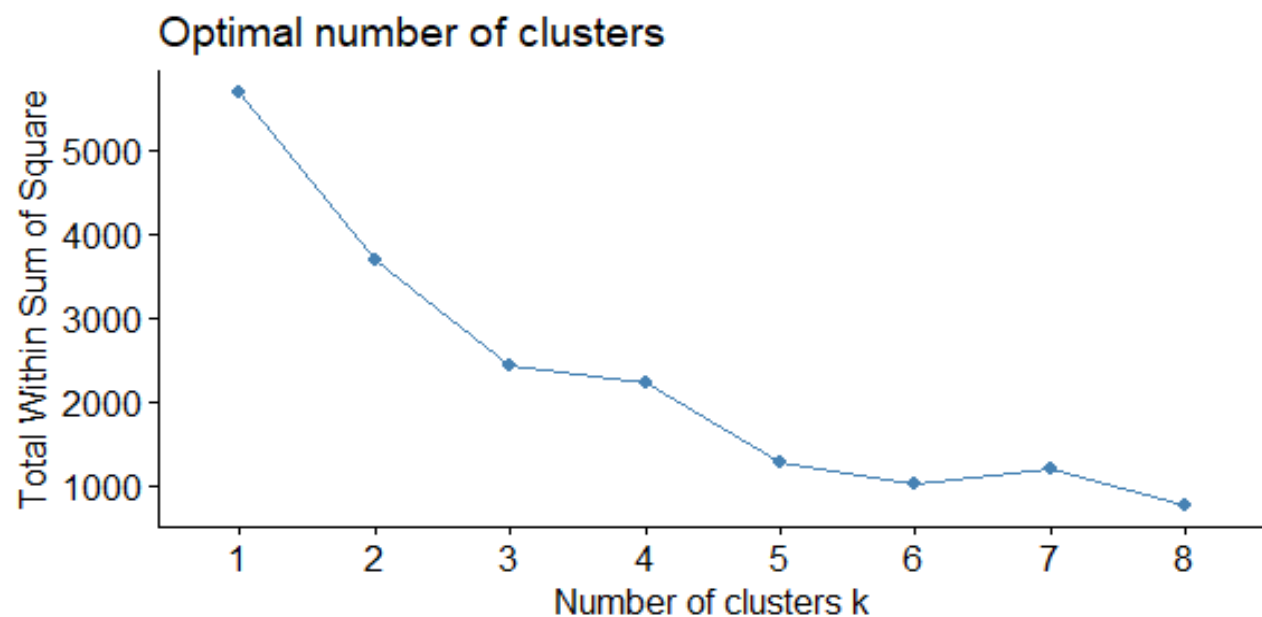


Figura 2.

Determinação do número ótimo de clusters pelo método Elbow
 Fonte: Dados originais da pesquisa

Antes de entrar na análise descritiva dos clusters formados, é importante informar que, tanto no agrupamento não hierárquico K-means, quanto no hierárquico aglomerativo, as observações agrupadas foram quase idênticas, denotando a robustez na formação dos cinco grupos e das observações deles constantes.

Tendo em vista que a análise hierárquica com todas as medidas de dissimilaridade testadas apresentou uma tendência de 5 clusters e que a análise não hierárquica apresentou a perspectiva de 5 clusters, segue abaixo o gráfico que resume a alocação dos clusters formados.

Sabendo que os eixos representam as duas primeiras componentes

principais (“Prov_Totais” e “Patr_Cobertura”) e o gráfico captura a maior parte da variabilidade do conjunto de dados, pode-se perceber que houve poucas áreas de sobreposição, sendo presentes apenas nos clusters 1, 2 e 3. Além disso, observa-se que as elipses dos clusters, que mostram a dispersão dentro de cada grupo, são de tamanhos não tão grandes, o que sugere uma homogeneidade entre os clusters.

A fim de verificar a robustez dos clusters formados, realizou-se a análise das variáveis quantitativas constantes do modelo. Os resultados para “k=5” podem ser verificados na Tabela 3.

Tabela 3. Resultado da ANOVA das variáveis quantitativas para 5 clusters

Variável	Mínimo	df	Sum Sq	Mean Sq	F Value	P Value
Prov_Totais	Cluster_K5	4	22,3	5,57	5,77	0,000148
	Residuals	530	511,17	0,96		
Patr_Cober	Cluster_K5	4	18,5	4,63	4,76	0,000874
	Residuals	530	515,5	0,97		

Variável	Mínimo	df	Sum Sq	Mean Sq	F Value	P Value
Taxa_Atuarial	Cluster_K5	4	294,4	73,61	162,8	2,00e-16
	Residuals	530	239,6	0,45		
Deficit_total	Cluster_K5	4	17,1	4,26	4,37	2,00e-16
	Residuals	530	516,9	0,97		
Duração	Cluster_K5	4	374,1	93,53	310	2,00e-16
	Residuals	530	159,9	0,30		

Fonte: Dados originais da pesquisa

“Mean Sq” indica que há uma variabilidade entre os grupos, já no que se refere aos resíduos, pode-se perceber pouca variabilidade dentro dos grupos, o que está de acordo com o que se espera para agrupamentos por análise de cluster.

Já as estatísticas “F” indicaram interferência das variáveis na formação dos agrupamentos, da mesma forma que os “p” valores próximos de zero demonstraram que ao menos um agrupamento

apresenta média estatisticamente diferente dos demais, apontando que todas as variáveis contribuíram para a formação de, no mínimo, um dos agrupamentos de forma estatisticamente significativa com nível de significância de 1%.

Com o intuito de obter uma visão da distribuição das observações entre os clusters, assim como da representatividade das variáveis “Prov_Totais”, “Patr_Cober” e “Déficit” total sobre o total da amostra, foi elaborada a Tabela 5.

Figura 3. Formação dos clusters k-means.
 Fonte: Dados originais da pesquisa.

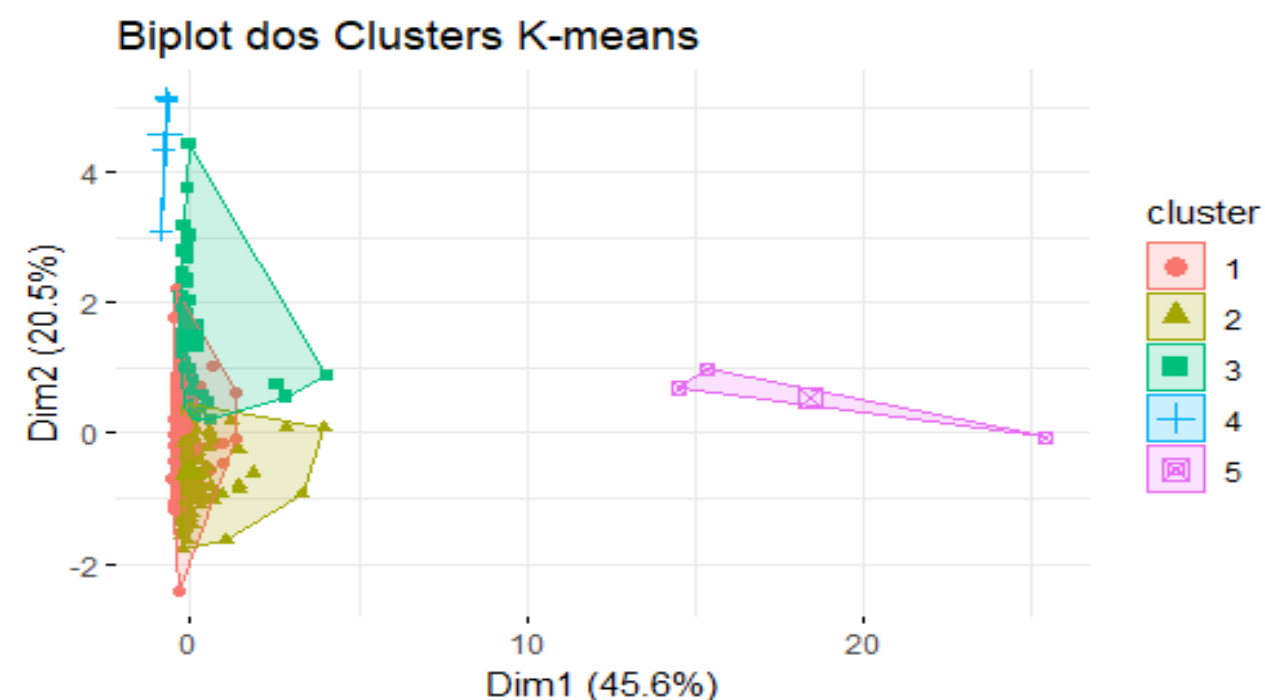


Tabela 5. Distribuição de observações entre os clusters e representatividade em relação às variáveis monetárias.

Variável	Cluster	Número de observações	Representatividade em relação ao valor total da amostra
Prov_Totais	1	143	12%
	2	113	31%
	3	203	14%
	4	73	5%
	5	3	36%
Patr_Cober	1	143	12%
	2	113	31%
	3	203	14%
	4	73	5%
	5	3	36%
Deficit_total	1	143	7%
	2	113	36%
	3	203	4%
	4	73	0,60%
	5	3	51%

Fonte: Dados originais da pesquisa.

Em termos de fatores de riscos atuariais, de fato já era esperado que o agrupamento mais arriscado (*cluster 5*) tivesse poucas observações e representasse bastante dos déficits, visto que reflete a concentração observada no regime de previdência complementar fechado e o maior risco atuarial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS


A realização da análise de *cluster* permitiu compreender a variabilidade dos perfis de risco atuarial entre os agrupamentos dos planos de benefícios formados. A utilização do algoritmo de “*machine learning*” não supervisionado “*k-means*” possibilitou que os planos de benefícios fossem agrupados de modo a representar o maior fator de risco atuarial escolhido de forma diferente entre os grupos, qual seja: o déficit atuarial apurado.

O agrupamento considerado o mais

arriscado atuarialmente, aquele ao qual deve ser dedicado maior esforço supervisor, representou 51%, já o segundo agrupamento mais arriscado, representou 36%, ou seja, cerca de 87% do maior fator de risco atuarial poderia ter sido mais minuciosamente supervisionado com um olhar sobre 116 planos da amostra. Entendendo que a Supervisão Baseada em Risco (SBR) foi um dos motivadores da análise feita neste trabalho, pode-se verificar que, apenas levando em consideração o déficit atuarial houve uma redução de cerca de 80% da amostra com uma representatividade de risco relevante, permitindo com que os recursos utilizados pelo Estado (pessoas, tempo e tecnologia) possam ser orientados de forma mais eficaz para alcançar melhores resultados na garantia da solvência dos planos de benefícios.

Como sugestão para futuros trabalhos, pode-se repetir a

análise ano a ano, observando os movimentos de saída e entrada entre os agrupamentos, assim como inserir outras variáveis que reflitam de forma mais ampla os riscos atuariais aos quais os planos de benefícios estão expostos. Inclusive, nos trabalhos futuros, esses 5 *clusters* poderiam ser utilizados para classificação em

um modelo preditivo, combinando os resultados dessa técnica não supervisionada com outra supervisionada, objetivando, por exemplo, prever insolvência dos planos, com regressões logísticas, já tendo entendido alguns parâmetros que influenciam nos fatores de risco atuariais. 

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Superintendência Nacional de Previdência Complementar (PREVIC). Plano Institucional de Dados Abertos. Brasília, DF: PREVIC, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/previc/pt-br/dados-abertos/plano-institucional-de-dados-abertos>. Acesso em: 20 de setembro de 2023.
- BRASIL. Superintendência Nacional de Previdência Complementar (PREVIC). Informe Estatístico Trimestral. Brasília, DF: PREVIC, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/previc/pt-br/publicacoes/informe-estatistico-trimestral/2022/informe-estatistico-4deg-trimestre-2022/view>. Acesso em: 1º de setembro de 2023.
- BRASIL. Departamento de Políticas e Diretrizes de Previdência Complementar. Relatório Gerencial de Previdência Complementar. Brasília, DF: PREVIC, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/previdencia/pt-br/assuntos/previdencia-complementar/mais-informacoes/arquivos/rgpc_supl_2023.pdf. Acesso em: 2 de setembro de 2023.
- DUARTE, Samuel Ricardo Nobre. Um guia para agrupamento com pacote cluster do R utilizando dados do spotify. 2021. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/38037/1/UmGuiaParaAgrupamento_Duarte_2021.pdf. Acesso em: 28 de agosto de 2023.
- DUARTE, Tais Novo. Balanceamento atuarial per capita e perfil de investimento dos planos de benefícios das entidades fechadas de previdência complementar: uma aplicação da teoria do ciclo de vida com dados de painel. 2015. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/20258/1/2015_Ta%3%adsNovoDuarte.pdf. Acesso em: 3 de agosto de 2023.
- FAVERO, L.P., BELFIORE, P., SILVA, F.L., & CHAN, B.L. *Análise de Dados: modelagem multivariada para tomada de decisões*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- Freire, C. C., & Motokane, M. T. *Análise fatorial e análise de cluster no mapeamento de concepções epistemológicas de professores sobre a ciência e a ecologia*. Investigações Em Ensino De Ciências, 21(3), 152–175, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2016v21n3p152>. Acesso em: 19 de setembro de 2023.
- IOPS – International Organisation of Pension Supervisors, 2012. Introduction to the IOPS Toolkit for Risk-based Supervision. Disponível em: <Module0Introduction.pdf> (iopsweb.org). Acesso em: 05 de setembro de 2023.
- SERAPINAITĒ, V.; KABAŠINSKAS, A. Clustering of Latvian Pension Funds Using Convolutional Neural Network Extracted Features. Mathematics 2021, 9, 2086. <https://doi.org/10.3390/math9172086>. Acesso em: 28 de agosto de 2023.

RESERVA MATEMÁTICA E O TEMA 955



Divulgação



**CARLOS
HENRIQUE
RADANOVITSCK**
DIRETOR DA EQUIPE
ATUARIAL

Ao trabalhar com Perícias Atuariais em processos de Entidades Fechadas de Previdência Complementar (EFPC's) nos deparamos com algumas inovações quando está em discussão aumento de salários ou benefícios. Independente do debate sobre o direito desta majoração, a fonte de custeio não pode ser balizadora da decisão.

Para garantir os benefícios contratados, na forma do Regulamento do Plano, as EFPC's deverão ter o valor atual suficiente para os pagamentos futuros. Este fundo é chamado de Reserva ou Provisão Matemática.

Devido à tramitação de inúmeros processos judiciais e em face da preocupação com a solvência das EFPC's, surgiu o Tema Repetitivo 955 do Superior Tribunal de Justiça (STJ). Sob a ótica atuarial, vamos esclarecer aos interessados alguns pontos sobre a recomposição prévia e integral da reserva matemática, no âmbito das Entidades Fechadas de Previdência Complementar.

Em primeiro lugar, vamos explicar o que é um Tema Repetitivo ou Recurso Repetitivo. São aqueles que trazem como fundamento teses jurídicas idênticas àquelas contidas em outros recursos. Esse procedimento está previsto no Regimento Interno dos Tribunais Superiores e no Código de Processo Civil ([Lei nº 13.105/15](#)) a partir do Art. 1.036¹. Isso ocorre para que haja segurança jurídica nas decisões proferidas em todo território nacional além de uma uniformização

¹ Art. 1.036. Sempre que houver multiplicidade de recursos extraordinários ou especiais com fundamento em idêntica questão de direito, haverá afetação para julgamento de acordo com as disposições desta Subseção, observado o disposto no Regimento Interno do Supremo Tribunal Federal e no do Superior Tribunal de Justiça.

“

Para garantir os benefícios contratados, na forma do Regulamento do Plano, as EFPC's deverão ter o valor atual suficiente para os pagamentos futuros

”

nas decisões sobre um mesmo assunto. O presente tema repetitivo surgiu por ocasião do Recurso Especial nº 1312736/RS.

Importante esclarecer o conceito de Reserva Matemática, do qual extraímos do CPAO Nº 035² – RESERVA MATEMÁTICA de 27/09/2022:

“21. Reserva Matemática: representa a totalidade dos compromissos do plano de benefícios administrados pelas entidades fechadas de previdência complementar, calculada pelo atuário em conformidade com as obrigações estabelecidas no Regulamento e com o disposto na Nota Técnica Atuarial, cujo valor é registrado contabilmente na conta de provisão matemática.”

Nos planos de Benefício Definido (BD) estruturados no Regime Financeiro de Capitalização³

² Comitê de Pronunciamentos Atuariais – Orientação Técnica

³ O Regime de Capitalização pressupõe o financiamento gradual do custo dos benefícios futuros durante a vida ativa dos participantes, assegurando acumulação de recursos (patrimônio), cujo resultado da sua

há necessidade de constituição da Reserva Matemática para a garantia dos futuros pagamentos dos compromissos do plano. Nesse modelo de plano é imprescindível ressaltar que vigora o Princípio do Mutualismo, extraído dos Pronunciamentos Atuariais CPA 001 – Princípios Atuariais⁴ do Instituto Brasileiro de Atuária (IBA):

“3 - DO MUTUALISMO

Princípio fundamental que constitui a base de toda operação de seguro. O mutualismo na atividade atuarial nasce da convergência de duas virtudes cardeais da humanidade: boa fé e solidariedade. A credibilidade da palavra do segurado, ao declarar suas condições pessoais na contratação e/ou adesão, e do segurador, ao prometer proteção, é pilar essencial para a atividade de seguro, haja vista que as partes repartem entre si o preço da proteção ao patrimônio, às rendas, à vida ou à saúde, em face da imprevisibilidade do risco. O mutualismo, por definição, é a associação entre membros de um grupo no qual suas contribuições são utilizadas para propor e garantir benefícios aos seus participantes, portanto está relacionado à união de esforços de muitos em favor aleatório de alguns elementos do grupo.”

Sobre o espírito desse artigo, reproduzimos parte da Tese Firmada no Tema Repetitivo 955, do STJ:

*“I - A concessão do benefício de previdência complementar tem como pressuposto a **prévia formação de***

capitalização irá compor a cobertura dos benefícios considerados (CPAO 35).

⁴ https://atuarios.org.br/wp-content/uploads/2021/12/resolucao_2014_2.pdf

Adobe Stock



reserva matemática, de forma a evitar o desequilíbrio atuarial dos planos. Em tais condições, quando já concedido o benefício de complementação de aposentadoria por entidade fechada de previdência privada, é inviável a inclusão dos reflexos das verbas remuneratórias (horas extras) reconhecidas pela Justiça do Trabalho nos cálculos da renda mensal inicial dos benefícios de complementação de aposentadoria.” (grifos nossos)

Ao ingressar no plano, o participante já tem previamente definido o quanto de Reserva Matemática será necessário para garantir os benefícios garantidos no contrato. Assim, qualquer elevação no valor do benefício terá consequências diretas no valor da Reserva Matemática.


Destacamos dois modelos de cálculo de RESERVA MATEMÁTICA⁵:

“a) MÉTODO GERAL DE CÁLCULO INDIVIDUAL PELO MÉTODO PROSPECTIVO

A RESERVA MATEMÁTICA de um grupo individual, numa época qualquer de inventário, é o excedente do valor atual dos compromissos parciais do segurador sobre os compromissos parciais do segurado na referida época do inventário, para a duração ainda a correr até a expiração do contrato em questão.

Explicamos ainda que os compromissos do segurador

⁵ FERREIRA, W. J. Coleção Introdução à Ciência Atuarial. Volume 2. São Paulo: IRB, 1985.



mencionados na definição, representam para a sociedade Seguradora as “despesas futuras” e os compromissos dos segurados as “receitas futuras”, portanto:

RESERVA MATEMÁTICA = Σ (Despesas futuras do segurador) – (Receitas futuras do segurado)

b) MÉTODO GERAL DE CÁLCULO INDIVIDUAL PELO MÉTODO RETROSPECTIVO

RESERVA MATEMÁTICA – É o excedente em valor atual dos compromissos parciais do segurado sobre os do segurador, determinados na época de inventário para a duração já decorrida após o início do contrato principal.

Na definição supra, os compromissos do segurado constituem as receitas passadas

do segurador e os compromissos do segurador constituem as suas despesas realizadas, logo, a RESERVA MATEMÁTICA = Σ (Receitas passadas do segurado) – (Despesas realizadas do segurador).”

Podemos observar que em ambos os métodos a definição de RESERVA MATEMÁTICA é utilizada para calcular valores **FUTUROS**.

Seu valor, na data de cálculo, representa a diferença entre o compromisso futuro da Entidade com o pagamento de benefícios (VABF) e o compromisso futuro dos participantes e patrocinadores com o pagamento das contribuições (VACF).

Como se observa, o valor da RESERVA MATEMÁTICA caracteriza os “futuros compromissos do Plano”, mesmo no modelo de cálculo


retrospectivo. Valores passados não estão abrangidos pelo conceito de RESERVA MATEMÁTICA.

Como inicialmente relatado, a inovação que está sendo apresentada, no nosso entendimento, tenta desconstruir os conceitos já firmados pela literatura atuarial. Em alguns casos, no decorrer dos processos, estão utilizando a definição de Reserva Matemática RETROSPECTIVA, de forma equivocada, para definir os valores de benefícios retroativos.

Os valores a serem pagos para recompensar o passado devem ser tratados como indenização. Sua fonte de custeio deve ser o fundo mútuo garantidor da Fundação, com as premissas aderentes à realidade atuarial, tais como: Crescimento Real

de Salários e Crescimento Real de Benefícios, resguardado o direito da EFPC em buscar estes valores junto à Patrocinadora.

A diferença de benefício alcançada pela decisão judicial deve ser garantida por um fundo suficiente para a sua manutenção até a sua extinção (Reserva Matemática), constituído pelas regras do Regulamento e premissas atuariais aderentes ao grupo de participantes. Esta recomposição necessária deve levar em conta o custeio normal do Plano, ou seja, a sua distribuição contributiva.

Assim, somos favoráveis à ideia de que qualquer majoração de salário ou benefício deve ter a consequente e imediata recomposição da Reserva Matemática, e esta deverá ser custeada de forma criteriosa e equilibrada. 

Um **processo atuarial guiado** e governado, desde a preparação e modelagem de dados, até a implementação automatizada.



Gerencie os preços de seguros com advanced analytics, aumentando a lucratividade e acelerando o processo de formação de preços.

BAIXE E SAIBA MAIS



Artigos Científicos

Os artigos científicos que integram esta edição foram os três melhores da edição do VIII Prêmio Ricardo Frischtak, promovido pelo IBA em 2024

Cálculo de Prêmios Puros com Conformal Prediction: Flexibilidade e Incerteza Independente do Modelo

Alisson Ursulino
Juanito Costa

Misturas de Valores Extremos: Aplicação em Atuária

Alexandre Bassi Galdino

Sustentabilidade Previdenciária: Análise da Taxa de Reposição no Regime de Previdência Complementar para Servidores Públicos

Fellipe Pacheco de Oliveira

Alisson
UrsulinoJuanito
Costa

CÁLCULO DE PRÊMIOS PUROS COM CONFORMAL PREDICTION: FLEXIBILIDADE E INCERTEZA INDEPENDENTE DO MODELO

RESUMO Este trabalho apresenta uma abordagem inovadora para a previsão de sinistralidades utilizando a técnica de Conformal Prediction (CP). O CP é uma técnica não-paramétrica e independente do modelo preditivo, permitindo sua aplicação em uma vasta gama de modelos, como os GLM amplamente utilizados pelos atuários. Neste estudo, optamos por aplicar o CP sobre redes neurais, utilizando especificamente uma Rede Neural Recorrente do tipo Long Short-Term Memory (LSTM) Probabilística para capturar a dinâmica temporal dos sinistros agregados diariamente. Ao contrário de métodos tradicionais, que assumem distribuições pré-definidas, o CP ajusta-se ao comportamento dos dados, fornecendo intervalos de confiança robustos e adaptáveis às previsões de sinistros. Nos resultados empíricos, demonstramos que a aplicação do CP no conjunto de teste proporcionou maior cobertura e proteção, ajustando os prêmios puros de maneira proativa com base na incerteza dos sinistros. Com isso, foi proposto um parâmetro de sensibilidade flexível α , que permite calibrar o prêmio conforme diferentes níveis de aversão ao risco. A principal vantagem deste método é sua simplicidade e facilidade de implementação, uma vez que ele pode ser incorporado diretamente aos modelos preexistentes de seguradoras, sem a necessidade de reformulações estruturais. Essa abordagem oferece uma solução eficaz para mitigar ou assumir riscos e melhorar a precificação em cenários de alta variabilidade e incerteza, contribuindo para um cálculo mais justo e adaptado à realidade dos sinistros observados.

1. INTRODUÇÃO

O cálculo de prêmios de seguro é uma das atividades centrais das seguradoras e depende fortemente da previsão precisa de sinistros futuros. Tradicionalmente, esse processo é baseado em modelos probabilísticos que assumem distribuições pré-definidas ou dependem de hipóteses rígidas, como a normalidade dos dados ou a ausência de correlação serial entre eventos (KNIEF; FORSTMEIER, 2021).

No entanto, essas suposições muitas vezes não refletem adequadamente a natureza complexa e incerta dos sinistros no mundo real (LIU; YANG, 2020).

Situações de alto risco ou baixa frequência, como acidentes catastróficos ou sinistros envolvendo veículos de luxo, são exemplos em que essas hipóteses podem ser inadequadas.

Diante dessas limitações, surge a necessidade de metodologias que ofereçam previsões mais flexíveis e confiáveis. A *Conformal Prediction* (CP) aparece como uma alternativa robusta (BASTOS, 2024), fornecendo intervalos de previsão que são independentes de suposições probabilísticas prévias e de distribuições estatísticas clássicas.

Ao oferecer intervalos de confiança para previsões de sinistros, a CP possibilita uma visão quantitativa da incerteza inerente às previsões. Isso permite que as seguradoras tomem decisões mais informadas sobre precificação de seguros e gestão de riscos.

Neste artigo, aplicamos a técnica de *Conformal Prediction* em conjunto com uma rede neural LSTM (*Long Short-Term Memory*) para prever sinistros diários. As LSTMs são redes neurais recorrentes capazes de capturar padrões temporais complexos (GHANY; ZAWBAA; SABRI, 2021), aproveitando tanto as dependências de curto quanto de longo prazo presentes nos dados.

Nossa abordagem visa não apenas melhorar a precisão das previsões, mas também fornecer intervalos de previsão que permitam às seguradoras adotar estratégias de mitigação de risco mais robustas, ajustadas à incerteza presente nos dados.

Além disso, exploramos como esses intervalos de previsão podem ser utilizados para calcular o prêmio puro, proporcionando uma base quantitativa mais precisa para a precificação de seguros. O uso de intervalos de previsão é particularmente valioso em cenários onde os modelos tradicionais podem subestimar ou superestimar o risco.

Com isso, torna-se uma ferramenta crítica para que as seguradoras ajustem suas políticas de acordo com eventos extremos ou de baixa frequência, minimizando perdas inesperadas e melhorando a gestão de reservas.

Dessa forma, este trabalho apresenta uma aplicação inovadora da *Conformal Prediction* na precificação de seguros e gerenciamento de riscos.

Destacamos sua utilidade tanto no cálculo do prêmio puro quanto na mitigação de riscos em um setor altamente sensível à incerteza. Esta pesquisa faz várias contribuições relevantes à literatura existente (TADAYON; GHANBARZADEH, 2024), incluindo:

- 1 Apresenta a *Conformal Prediction* como uma ferramenta robusta e flexível para a previsão de sinistros, fornecendo intervalos de confiança que não dependem de hipóteses pré-definidas ou distribuições estatísticas clássicas;
- 2 Propõe uma metodologia inovadora para calcular o prêmio puro, utilizando intervalos de previsão para quantificar e mitigar riscos de maneira mais precisa e transparente;
- 3 Integra redes neurais LSTM Probabilística para capturar padrões temporais e prever sinistros diários, destacando o impacto das memórias de curto e longo prazo na modelagem de sinistros;
- 4 Demonstra como os intervalos de previsão gerados pela *Conformal Prediction* podem ser utilizados para ajustar a precificação de seguros, fornecendo uma abordagem quantitativa para mitigar riscos associados a eventos extremos ou de baixa frequência;

- 5 Contribui para a literatura ao explorar a *CP* como uma técnica independente do modelo, enfatizando seu potencial para melhorar a gestão de riscos no setor de seguros.

2. BACKGROUND

A modelagem preditiva de séries temporais em contextos atuariais, como a previsão de sinistros, é um tema de crescente interesse, especialmente com o avanço das técnicas de aprendizado profundo.

Tradicionalmente, a previsão de sinistros em seguros tem sido abordada através de modelos econométricos e estatísticos clássicos, como modelos Auto-regressivos (AR) e modelos de suavização exponencial (SUMMUN et al., 2018; PENG; LI; LIU, 2016).

No entanto, essas abordagens apresentam limitações ao capturar padrões complexos e não lineares, particularmente em dados financeiros e atuariais, que muitas vezes apresentam alta variabilidade e comportamento complexo (ARAÚJO et al., 2010).

Com a evolução das *Recurrent Neural Network* (Rede Neural Recorrente) (RNNs), e especificamente das Long Short-Term Memorys (LSTMs), tornou-se possível lidar de forma mais eficaz com as dinâmicas temporais de longo prazo, permitindo uma previsão mais robusta de eventos futuros (HE et al., 2024; ZITTI, 2024).

O modelo *LSTM* tem a capacidade de reter informações relevantes ao longo do tempo e, simultaneamente, ignorar ruídos ou dados irrelevantes. Isso o torna altamente eficiente em cenários que envolvem tanto memória de curto quanto de longo prazo, como é comum no setor de seguros.

Apesar do sucesso das *LSTMs* em capturar padrões temporais, há uma demanda crescente por técnicas que ofereçam mais do que uma previsão pontual (OMRANI et al., 2022; MOURDOUKOUTAS et al., 2024). Além da previsão, as seguradoras precisam de estimativas sobre a incerteza do modelo, algo crucial para a gestão de riscos (ZHANG et al., 2024; KOGURE; LI; KAMIYA, 2014).

Nesse contexto, o *Conformal Prediction* (*CP*) surge como uma abordagem poderosa e complementar. O método *CP* permite a construção de intervalos de previsão robustos e confiáveis (QIAN et al., 2024), com garantias formais sobre o erro preditivo, independentemente do modelo subjacente.

Diferente dos métodos clássicos, que assumem distribuições predefinidas para os dados, o *CP* é uma técnica não-paramétrica, o que significa que ele se ajusta aos dados e ao comportamento do modelo utilizado (RENKEMA; BRINKEL; ALSKAIF, 2024).

Na indústria de seguros, onde os sinistros podem variar drasticamente em frequência e severidade, os intervalos de previsão gerados pelo *Conformal Prediction* oferecem uma métrica valiosa para a avaliação e mitigação de riscos.

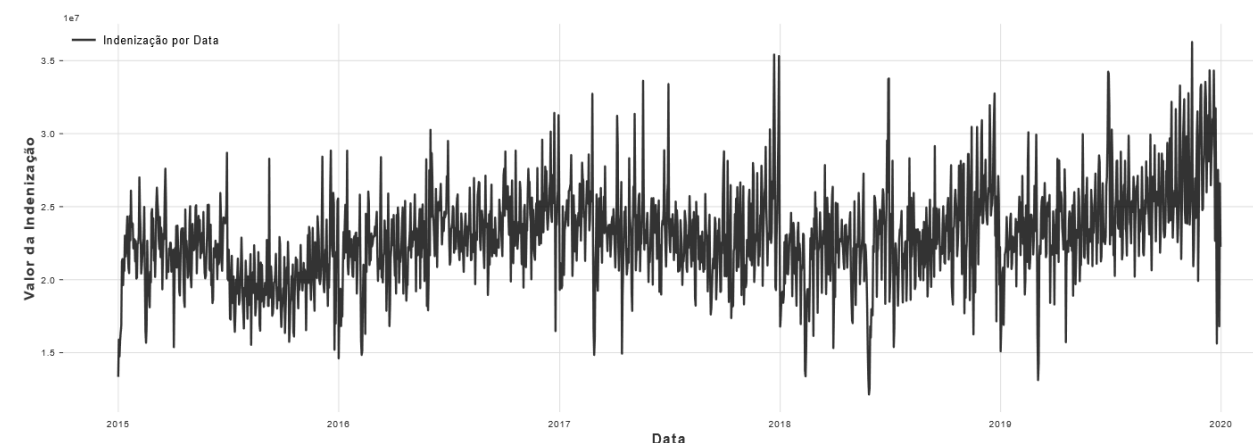
Esses intervalos permitem calcular previsões com um grau de confiança quantificado, auxiliando na determinação de prêmios puros e na análise de solvência da seguradora. Isso é particularmente útil em cenários de alta incerteza, como eventos extremos ou sinistros de baixa frequência (HONG, 2023).

3. DADOS E METODOLOGIA

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos a partir das bases anonimizadas da Superintendência de Seguros Privados (SUSEP), que estão disponíveis publicamente na plataforma de dados estatísticos¹. Essas bases fornecem informações detalhadas sobre apólices e sinistros de seguros automotivos no Brasil.

Para esta análise, foram selecionados os dados referentes aos sinistros ocorridos entre os períodos de 1 de janeiro de 2015 e 31 de dezembro de 2019 exibidos na Figura 1. A escolha desse período permitiu capturar variações nos valores de sinistros durante diferentes fases do ciclo econômico, incluindo momentos de maior e menor frequência de ocorrências.

Figura 1: Evolução dos valores de indenização por sinistro entre 2015 e 2019



Nota: O gráfico na Figura 1 mostra a evolução dos valores diários de indenização por sinistro entre os anos de 2015 e 2019. A linha preta representa os valores agregados de indenizações pagas por dia, permitindo observar variações sazonais, bem como picos relacionados a eventos sinistros de grande magnitude.

3.1. ANÁLISE DESCRITIVA

Nesta seção, apresentamos a análise descritiva dos dados de indenizações dos sinistros ocorridos no período analisado. O objetivo é fornecer uma visão geral da distribuição dos valores de indenização, apresentando os quartis e momentos centrais, o que permite entender a variação dos valores pagos em sinistros.

Os valores de indenização analisados referem-se às sinistralidades totais agregadas por data de ocorrência. Ou seja, os valores representam a soma de todas as indenizações relacionadas aos sinistros que ocorreram em cada dia específico. Essa abordagem proporciona uma visão mais ampla dos eventos, facilitando a identificação de padrões sazonais ou picos em determinados períodos.

A Tabela 1 resume as estatísticas descritivas das sinistralidades totais. Os valores indenizados diários variam de R\$ 12.141.965 a R\$ 36.276.840, com uma média de R\$ 22.952.144. A dispersão dos dados é significativa, com um desvio padrão de R\$ 3.222.322, refletindo a diversidade de sinistros em termos de valores indenizados.

A análise dos quartis revela que 50% das indenizações estão entre R\$ 21.011.947 e R\$ 24.708.314, sugerindo uma concentração razoável de valores

em torno da mediana. No entanto, observa-se que valores extremos influenciam a média para cima, indicando a presença de eventos de grande magnitude.

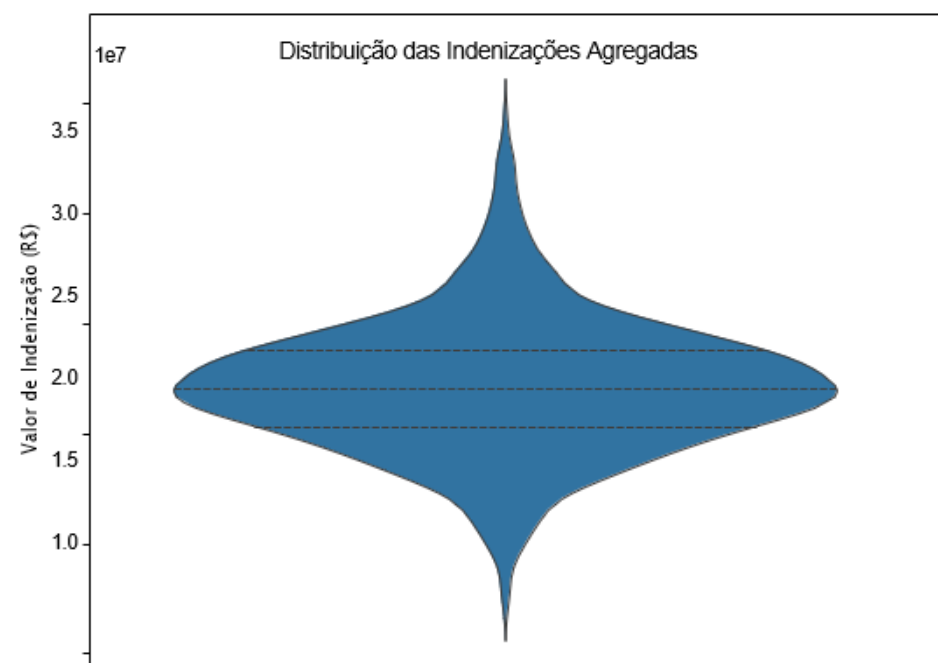
Para entender melhor a dispersão dos valores de indenização, utilizamos o gráfico de violino, apresentado na Figura 2. Esse gráfico oferece uma representação visual da distribuição dos valores de indenização ao longo do período analisado, destacando a densidade dos valores e os quartis da distribuição.

Tabela 1: Estatísticas Descritivas das Indenizações de Sinistros

ESTATÍSTICA	INDENIZAÇÕES
Quantidade	1.826,000
Média	22.952.144,015
Desvio Padrão	3.222.322,907
Indenização Mínima	12.141.965
25% das Indenizações	21.011.947
50% das Indenizações	22.811.368
75% das Indenizações	24.708.314,250
Valor máximo da Indenização	36.276.840

¹ A tabela apresenta as principais estatísticas descritivas das indenizações, incluindo média, desvio padrão, valores mínimos e máximos, e os quartis. Esses dados evidenciam a dispersão dos valores pagos em indenizações no período analisado.

Figura 2: Gráfico de violino representando a distribuição das indenizações agregadas



Nota: O gráfico de violino na Figura 2 ilustra a distribuição das indenizações agregadas por dia de ocorrência de sinistros. A forma alongada do gráfico indica a densidade dos dados ao longo do eixo do valor de indenização, enquanto as linhas internas representam os quartis da distribuição. Observa-se que a maior concentração de valores está em torno da mediana, com poucos valores extremos afetando a distribuição, sugerindo a presença de outliers ou eventos de grande magnitude.

3.2. METODOLOGIA

Neste trabalho, propomos uma extensão dos fluxos tradicionais de modelagem de sinistros, adicionando uma camada de calibração baseada em *Conformal Prediction (CP)* (BASTOS, 2024).

Enquanto os fluxos convencionais utilizados por seguradoras geralmente envolvem as etapas de *extração dos dados*, *pré-processamento*, *modelagem* e *cálculo do prêmio puro*, nossa abordagem introduz uma fase intermediária de *Previsão Conforme*.

Essa nova etapa tem como objetivo fornecer intervalos de previsão confiáveis e calibrados probabilisticamente, aumentando a robustez das previsões de sinistralidade e permitindo uma avaliação mais precisa dos riscos independentes de suposições probabilísticas prévias.

A metodologia proposta pode ser aplicada em qualquer modelo de machine learning ou estatístico já utilizado pelas seguradoras, garantindo flexibilidade e adaptabilidade.

O fluxo metodológico adotado pode ser descrito da seguinte forma:

- **Extração dos Dados:** Coleta dos dados históricos de sinistros.
- **Pré-processamento:** Limpeza e tratamento dos dados, como remoção de duplicatas e valores inválidos.
- **Modelagem:** Aplicação de modelos preditivos, como LSTM, para prever a sinistralidade.
- **Previsão Conforme:** Aplicação do método de *Conformal Prediction* para gerar intervalos de confiança probabilisticamente válidos sobre as previsões dos modelos.
- **Prêmio Puro:** Cálculo do prêmio puro com base nas previsões conformes, levando em conta os intervalos de confiança gerados pelo CP.

O diferencial desta metodologia está na etapa de *Previsão Conforme*, que atua como uma camada adicional ao fluxo tradicional. A previsão pontual gerada pelos modelos (como LSTM) é complementada por intervalos de confiança que fornecem informações sobre a incerteza das previsões, permitindo que as seguradoras tomem decisões mais informadas e gerenciem o risco de forma mais eficaz.

Este fluxo metodológico pode ser visualmente representado, como mostra a Figura 3, destacando a introdução da camada de calibração com o *Conformal Prediction*. Apesar de utilizarmos o modelo LSTM neste estudo, a abordagem é flexível o suficiente para ser implementada em qualquer modelo preditivo existente nas seguradoras.

Figura 3: Comparação entre o Fluxo Tradicional e o Fluxo com Previsão Conforme.



Nota: A Figura 3 apresenta a comparação entre o fluxo tradicional de modelagem de sinistros e o fluxo proposto, que inclui uma etapa adicional de Previsão Conforme utilizando Conformal Prediction. Essa camada extra permite a calibração probabilística das previsões, garantindo intervalos de confiança mais robustos e uma avaliação de risco mais precisa.

O processamento inicial envolveu a remoção de duplicatas, garantindo que cada sinistro fosse único. Em seguida, os dados foram filtrados para excluir valores inválidos e focar apenas na sinistralidade diária.

O valor da indenização foi agregado por dia para calcular a sinistralidade total de cada dia. Formalmente, a sinistralidade agregada diária (SIN_t) foi definida como:

$$SIN_t = \sum_{i \in S_t} INDENIZ_{i,t}, \quad (3.1)$$

onde n_t é o número de sinistros ocorridos no dia t , e $INDENIZ_{i,t}$ é o valor da indenização do i -ésimo sinistro ocorrido no dia t .

O conjunto de dados final utilizado para modelagem e previsão consiste em duas colunas principais:

- **D_OCORR**: Data de ocorrência do sinistro (indexada como série temporal).
- **INDENIZ**: Sinistralidade agregada diária.
- Após o pré-processamento dos dados, eles foram divididos em diferentes conjuntos para garantir uma avaliação justa e robusta do modelo. A divisão seguiu as seguintes etapas:

1 Conjunto de Treino e Validação: Os dados foram inicialmente divididos em 85% para o conjunto geral de treino, que posteriormente foi subdividido em treino e validação. O objetivo dessa divisão foi permitir a otimização dos Hiper parâmetros e evitar sobreajuste durante o treinamento. A fração de 70% do conjunto geral de treino foi usada para o treino real, enquanto os 30% restantes foram utilizados para validação.

2 Conjunto de Calibração e Teste Final: O restante dos dados (15%) foi dividido igualmente entre calibração e teste final, para a avaliação do método de *Conformal Prediction*. A calibração foi realizada no conjunto de calibração para calcular os resíduos das previsões do modelo, enquanto o teste final foi utilizado para avaliar a precisão dos intervalos de conformidade gerados.

3.2.1. PREVISÃO DE SINISTRALIDADE COM LONG SHORT-TERM MEMORY E DEEP AUTOREGRESSIVE

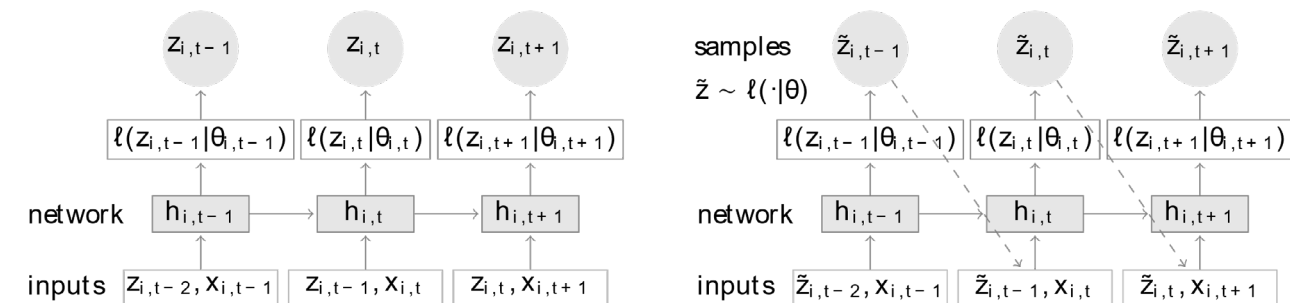
Na nossa abordagem utilizamos redes *Long Short-Term Memory (LSTM)* combinadas com a abordagem Autorregressiva Profunda (*DeepAR*) (SALINAS et al., 2020) para modelar a sinistralidade ao longo do tempo, capturando as dependências temporais que caracterizam os sinistros em série temporal.

As redes LSTM são projetadas para capturar tanto dependências de curto quanto de longo prazo, sendo especialmente adequadas para séries temporais que exibem variações complexas, como é o caso dos sinistros.

Este modelo foi escolhido por sua capacidade de tratar dados sequenciais de forma eficiente, considerando as correlações temporais inerentes ao comportamento dos sinistros.

A Figura 4 ilustra o fluxo de treinamento e previsão do DeepAR, onde o modelo aprende as dependências temporais ao longo da série temporal e gera previsões probabilísticas em cada passo temporal.

Figura 4: Arquitetura do modelo LSTM para previsão de sinistralidade.



Fonte: (SALINAS et al., 2020)

Nota: A Figura 4 apresenta a arquitetura do modelo LSTM utilizado para a previsão de sinistralidade. O modelo captura a dependência temporal dos sinistros diários, utilizando as saídas da rede de camadas anteriores como entradas para os próximos passos. As camadas LSTM permitem a modelagem de relações de longo e curto prazo, sendo treinadas para prever o valor de sinistros futuros com base no histórico de dados temporais, representando a incerteza da previsão probabilística.

A abordagem *DeepAR* é particularmente eficaz para a previsão probabilística em larga escala, permitindo que o modelo aprenda de múltiplas séries temporais relacionadas, com diferentes escalas e características de variabilidade (SA-

LINAS et al., 2020).

Ao utilizar o *DeepAR*, o modelo LSTM aprende não apenas a prever os valores futuros da série temporal, mas também a gerar previsões probabilísticas, quantificando a incerteza associada a essas previsões. Esta capacidade é crucial em contextos de seguros, onde a incerteza é um fator central na precificação de risco.

A LSTM é uma arquitetura de rede neural recorrente, composta por uma série de “células de memória” que possuem mecanismos de *portas* de entrada, saída e esquecimento, permitindo que o modelo aprenda quais informações manter e quais descartar ao longo da sequência de tempo. A evolução do estado de cada célula LSTM é descrita pelas seguintes equações (SALINAS et al., 2020):

$$f_t = \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f) \quad (3.2)$$

$$i_t = \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_i) \quad (3.3)$$

$$\tilde{C}_t = \tanh(W_C \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_C) \quad (3.4)$$

$$C_t = f_t * C_{t-1} + i_t * \tilde{C}_t \quad (3.5)$$

$$o_t = \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_o) \quad (3.6)$$

$$h_t = o_t * \tanh(C_t) \quad (3.7)$$

onde f_t , i_t e o_t são as portas de esquecimento, entrada e saída, respectivamente, C_t é o estado da célula e h_t é o estado oculto, que representa a saída da célula. Os pesos W e b são os parâmetros ajustados durante o treinamento, enquanto as funções σ e \tanh representam a função *sigmoid* e a tangente hiperbólica, respectivamente.

Durante o **treinamento**, o modelo *DeepAR* utiliza os valores reais observados da série temporal, bem como as covariáveis passadas (quando utilizadas) e o estado oculto anterior da rede LSTM, para ajustar os parâmetros da distribuição de verossimilhança.

O processo de previsão probabilística ocorre por meio da amostragem repetida da distribuição predita, permitindo a geração de várias trajetórias possíveis de valores futuros, o que é especialmente útil em cenários onde a variabilidade dos sinistros é alta.

A função de custo utilizada para o treinamento é baseada na log-verossimilhança dos valores observados, onde o modelo tenta maximizar a probabilidade dos dados observados sob a distribuição modelada.

Para dados contínuos, a verossimilhança Gaussiana é utilizada para ajustar os parâmetros μ (média) e σ (desvio padrão), como mostrado a seguir:

$$\mu(h_{i,t}) = w_\mu^T h_{i,t} + b_\mu, \quad (3.8)$$

$$\sigma(h_{i,t}) = \log(1 + \exp(w_\sigma^T h_{i,t} + b_\sigma)). \quad (3.9)$$

A verossimilhança Gaussiana para os valores de sinistros diários é então calculada como:

$$l_G(z|\mu, \sigma) = (2\pi\sigma^2)^{-\frac{1}{2}} \exp\left(-\frac{(z-\mu)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (3.10)$$

onde z é o valor observado, μ é a média e σ é o desvio padrão. Este procedimento permite ao modelo gerar previsões probabilísticas que capturam a incerteza inerente à série temporal.

3.2.2. CONFORMAL PREDICTION

Após o pré-processamento dos dados e o treinamento do modelo LSTM, aplicamos o CP para gerar intervalos de confiança que refletem a incerteza nas previsões de sinistralidade agregada diária.

Diferente de abordagens paramétricas tradicionais, o CP não faz suposições sobre a distribuição dos erros residuais e oferece garantias formais de cobertura, o que é particularmente útil no nosso contexto de previsão de indenizações (sinistralidade) (HONG, 2023), onde os valores podem variar drasticamente entre dias devido à ocorrência de eventos de grande magnitude.

O método pode ser resumido em três etapas principais:

Calibração do Modelo: Uma vez que o modelo LSTM foi treinado, ele é utilizado para prever os valores de sinistralidade no conjunto de calibração. Para cada dia t , a previsão \hat{y}_t , que representa o valor estimado da sinistralidade agregada para aquele dia, é comparada com o valor real y_t das indenizações. A diferença entre o valor previsto e o valor real é calculada como resíduo:

$$\text{res}_t = y_t - \hat{y}_t. \quad (3.11)$$

Os resíduos res_t capturam a variação dos sinistros não explicada pelo modelo e são fundamentais para quantificar a incerteza nas previsões.

- Cálculo dos Quantis dos Resíduos:** Após obter os resíduos no conjunto de calibração, calculamos os quantis da distribuição dos resíduos. Para garantir que 95% dos valores reais de sinistralidade diária estejam dentro do intervalo de conformidade, utilizamos os quantis de 2.5% e 97.5%:

$$Q_{2.5\%} = \text{Percentil}_{2.5\%}(\{\text{res}_t\}), \quad (3.12)$$

$$Q_{97.5\%} = \text{Percentil}_{97.5\%}(\{\text{res}_t\}). \quad (3.13)$$

Os quantis $Q_{2.5\%}$ e $Q_{97.5\%}$ refletem os extremos da incerteza associada à previsão das indenizações e são usados para ajustar os limites inferior e superior das previsões de sinistralidade para o conjunto de teste.

- Construção dos Intervalos de Conformidade:** Para cada previsão \hat{y}_t no conjunto de teste, os limites inferior e superior são construídos ao somar os quantis calculados aos valores preditos:

$$\text{Lower Bound}_t = + Q_{2.5\%}, \quad (3.14)$$

$$\text{Upper Bound}_t = + Q_{97.5\%}. \quad (3.15)$$

Esses intervalos de conformidade (Lower_Bound e Upper_Bound) refletem a faixa provável na qual a sinistralidade diária real y_t deverá cair, levando em conta as incertezas inerentes ao modelo.

No contexto da previsão de sinistralidade, a aplicação do *Conformal Prediction* é particularmente relevante, uma vez que os valores de indenização podem fluir de maneira significativa devido a eventos isolados de grande magnitude.

A geração de intervalos de confiança robustos permite que seguradoras e gestores de risco tenham uma visão mais clara da faixa provável de sinistralidade em dias futuros, auxiliando na tomada de decisões sobre precificação e provisionamento de reservas.

A eficácia desses intervalos de conformidade é medida pela **taxa de cobertura**, que indica a proporção de dias em que a sinistralidade real y_t está contida dentro do intervalo [Lower Bound_t, Upper Bound_t]:

$$\text{Cobertura} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n I(\text{Lower Bound}_t \leq y_t \leq \text{Upper Bound}_t), \quad (3.16)$$

onde $I(\cdot)$ é uma função indicadora que retorna 1 se o valor real y_t estiver dentro do intervalo e 0 caso contrário.

Com base nesses intervalos, a taxa de cobertura foi calculada no conjunto de teste final para verificar a proporção de valores reais que caem dentro dos limites preditos pelos intervalos de conformidade. Essa abordagem garante que os intervalos ofereçam uma medida robusta da incerteza nas previsões.

3.3. ANÁLISE DE INCERTEZA DOS PRÊMIOS PUROS NOS INTERVALOS DE CONFORMIDADE

Após a construção dos intervalos de conformidade para cada ponto no tempo t , utilizamos esses intervalos não apenas para definir limites superiores e inferiores das previsões de sinistralidade, mas também para quantificar a incerteza associada a cada previsão.

A previsão central \hat{y}_t representa o valor esperado da sinistralidade agregada em um dado dia, enquanto Upper Bound_t e Lower Bound_t determinam os possíveis valores máximos e mínimos que o sinistro pode assumir, com base na confiança estipulada pelo método *Conformal Prediction*.

Para capturar quantitativamente a incerteza em torno de \hat{y}_t , calculamos o desvio padrão considerando o valor previsto \hat{y}_t , juntamente com os valores Upper Bound_t e Lower Bound_t, que representam os extremos do intervalo de confiança.

O desvio padrão σ_t é dado pela fórmula:

$$\sqrt{\frac{1}{3}((\hat{y}_t - \bar{y}_t)^2 + (\text{Upper Bound}_t - \bar{y}_t)^2 + (\text{Lower Bound}_t - \bar{y}_t)^2)}, \quad (3.17)$$

onde \bar{y}_t é a média dos três valores:

$$\bar{y}_t = \frac{\hat{y}_t + \text{Upper Bound}_t + \text{Lower Bound}_t}{3}. \quad (3.17)$$

Esse cálculo nos permite medir a dispersão ou incerteza sobre a previsão do sinistro em cada ponto no tempo. Valores maiores de σ_t indicam uma maior

incerteza na previsão para aquele dia específico, enquanto valores menores de σ_t sugerem que os valores previstos estão mais próximos e menos dispersos.

Além de ser uma métrica de incerteza, o desvio padrão pode ser utilizado para ajustar o prêmio puro, de modo que o risco associado ao sinistro seja incorporado no cálculo.

Propostas de seguros costumam levar em consideração o nível de incerteza ao definir os valores cobrados, e nosso modelo permite que essa incerteza seja quantificada diretamente.

O prêmio puro ajustado P_t pode ser definido da seguinte forma:

$$P_t = \hat{y}_t + \alpha \sigma_t, \quad (3.19)$$

onde α é um fator de ajuste que controla a sensibilidade do prêmio à incerteza. Dessa forma, quanto maior a dispersão dos valores previstos, maior será o ajuste no prêmio para compensar o risco associado à variação dos sinistros.

Uma vantagem importante dessa abordagem é que, ao quantificar a incerteza de forma direta e não paramétrica, conseguimos obter uma visão mais fiel das possíveis variações nos valores das sinistralidades, independentemente do modelo adotado (FRÖHLICH; WENG, 2015; SACHS, 2018).

Isso traz uma forma mais objetiva e quantitativa para analisar a variação dos valores de sinistralidade, auxiliando no processo de tomada de decisão, seja para mitigar ou para assumir riscos (FIGUEIREDO et al., 2018; SACHS, 2018).

Muitas vezes, as empresas precisam decidir entre mitigar um risco, adotando medidas preventivas, ou assumir esse risco, quando as condições são favoráveis.

Através do uso dos intervalos de conformidade, é possível visualizar com clareza o grau de incerteza envolvido e os valores extremos que a sinistralidade pode atingir (FIGUEIREDO et al., 2018). Dessa forma, nossa abordagem fornece uma ferramenta quantitativa sólida para ponderar essas decisões.

Se, por exemplo, o intervalo de conformidade é estreito e o desvio padrão é baixo, a incerteza associada ao valor do sinistro será reduzida, sugerindo um cenário de maior previsibilidade e menor risco (SACHS, 2018; FRÖHLICH; WENG, 2015).

Por outro lado, intervalos amplos indicam uma maior incerteza, permitindo que a decisão de mitigação ou assunção de risco seja tomada com base em uma análise quantitativa robusta, que considera as variações mais extremas e improváveis.

Com essa abordagem, conseguimos oferecer uma visão ampla e quantitativa dos riscos envolvidos, reforçando a ideia de que a incerteza e a variação dos sinistros podem ser controladas de maneira eficiente, independentemente do modelo preditivo utilizado, tornando o cálculo do prêmio mais justo e ajustado à realidade de risco observada.

4. RESULTADOS EMPÍRICOS

Os resultados empíricos são cruciais para avaliar o desempenho do modelo LSTM combinado com a técnica de *Conformal Prediction*. Nesta seção, apresentamos o processo de otimização dos Hiper parâmetros, seguido da avaliação das previsões realizadas pelo modelo em diferentes fases, como validação, calibra-

ção e teste. Por fim, comparamos as principais métricas de desempenho para garantir que o modelo não apenas faça previsões precisas, mas também capture as incertezas associadas aos sinistros diários de forma robusta.

4.1. OTIMIZAÇÃO DE HIPER PARÂMETROS COM OPTUNA

Durante o treinamento da rede LSTM, a escolha adequada dos Hiper parâmetros foi fundamental para maximizar a capacidade preditiva do modelo. Para automatizar o processo de tuning e encontrar a configuração ideal de Hiper parâmetros, utilizamos a biblioteca *Optuna*.

Essa ferramenta permite explorar de forma eficiente o espaço de Hiper parâmetros, aplicando técnicas de otimização para minimizar a métrica de erro de validação (perda). *Optuna* é particularmente útil ao reduzir o tempo de experimentação, identificando rapidamente as combinações de parâmetros que maximizam a performance do modelo. Os valores dos Hiper parâmetros retornados pelo processo de otimização foram os seguintes:

Tabela 2: Hiper parâmetros otimizados pelo Optuna

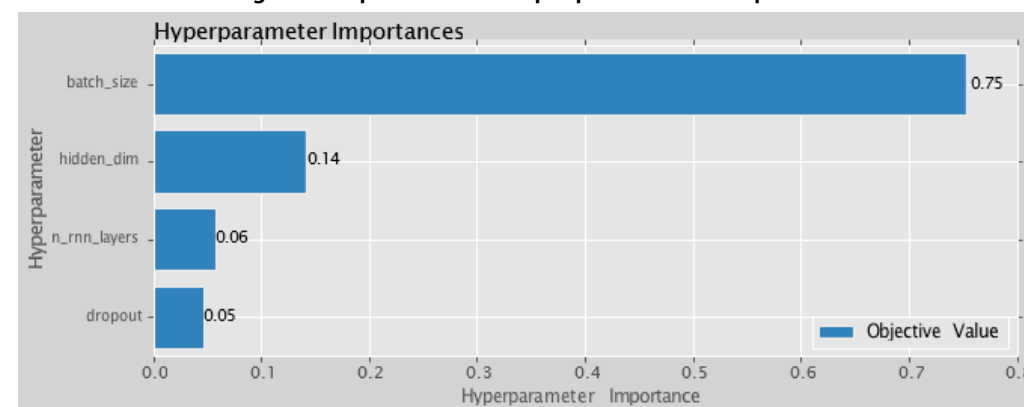
Hiper parâmetros	Valor
Modelo	LSTM
Dimensão Oculta	227
Número de Camadas RNN	1
Dropout	0.1997
Comprimento do Treinamento	24
Comprimento do Bloco de Entrada	24
Comprimento do Bloco de Saída	1
Número de Épocas	900

¹ Esta tabela resume os Hiper parâmetros retornados pelo *Optuna* durante o processo de otimização para o modelo LSTM.

A Figura 5 e as Figuras 9, 10 e 11 no Apêndice A ilustram as principais etapas do processo de otimização. Elas mostram desde a importância de cada Hiper parâmetros até a redução progressiva do erro à medida que o modelo se ajustava.

Essas visualizações revelam como a exploração eficiente do espaço de soluções, realizada pelo *Optuna*, foi fundamental para encontrar a melhor configuração de parâmetros e maximizar o desempenho do modelo.

Figura 5: Importância dos Hiper parâmetros no Optuna.



Fonte: *Optuna*

Nota: A Figura 5 exibe a importância relativa dos Hiper parâmetros durante o processo de otimização. Os Hiper parâmetros mais influentes na performance do modelo LSTM são destacados, auxiliando na compreensão de quais ajustes tiveram maior impacto na minimização da métrica de erro.

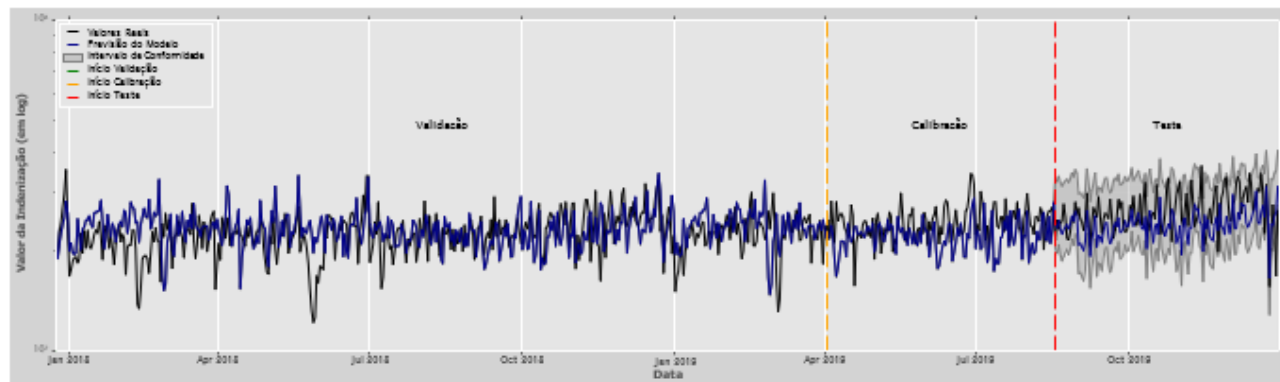
Após o treinamento e validação do modelo LSTM, analisamos os resultados das previsões diárias de sinistralidade em três fases distintas: validação, calibração e teste. O gráfico da Figura 6 ilustra as previsões do modelo em cada etapa, evidenciando que ele acompanhou bem as variações nos dados. O LSTM demonstrou um bom ajuste, capturando tanto flutuações quanto tendências consistentes ao longo do tempo.

A Tabela 3 apresenta as principais métricas de desempenho para cada fase do modelo. O erro quadrático médio (MSE) e o erro quadrático médio raiz (RMSE) indicam a proximidade das previsões em relação aos valores reais. Embora o erro aumente ligeiramente na fase de teste, essa diferença é pequena, sugerindo que o modelo generalizou bem.

Métricas adicionais, como o erro absoluto médio (MAE) e o erro percentual absoluto médio (MAPE), oferecem uma visão mais detalhada da precisão. Notamos uma redução significativa no MAPE na fase de teste, o que indica uma melhoria da precisão após a otimização dos Hiper parâmetros.

Por fim, as métricas de quantis relativos (QR) para diferentes quantis ($q=0.25, 0.5, 0.75$) destacam a capacidade do modelo de lidar com incertezas nos dados de sinistralidade.

Figura 6: Análise de Previsão de Sinistralidades com LSTM em Diferentes Fases.



Nota: O gráfico apresenta a comparação entre os valores reais de sinistralidades (em preto) e as previsões do modelo LSTM (em azul), divididas em três fases distintas: Validação, Calibração e Teste. O eixo vertical (Y) mostra o valor das indenizações, em escala logarítmica (log), enquanto o eixo horizontal (X) representa o tempo, com marcações que indicam o início de cada fase: Validação (linha tracejada verde), Calibração (linha tracejada laranja) e Teste (linha tracejada vermelha). A área sombreada ao redor da linha de previsão representa o intervalo de conformidade, evidenciando a margem de incerteza nas previsões do modelo.

Tabela 3: Métricas de Desempenho do Modelo em Diferentes Fases.

Métrica	Validação	Calibração	Teste
MSE	0.031	0.031	0.052
RMSE	0.175	0.175	0.227
RMSLE	0.125	0.125	0.143
MAE	0.134	0.134	0.178
MAPE	105.489	105.489	29.359
SMAPE	34.088	34.088	32.636
QR (q=0.25)	0.119	0.119	0.240
QR (q=0.5)	0.079	0.079	0.128
QR (q=0.75)	0.040	0.040	0.312

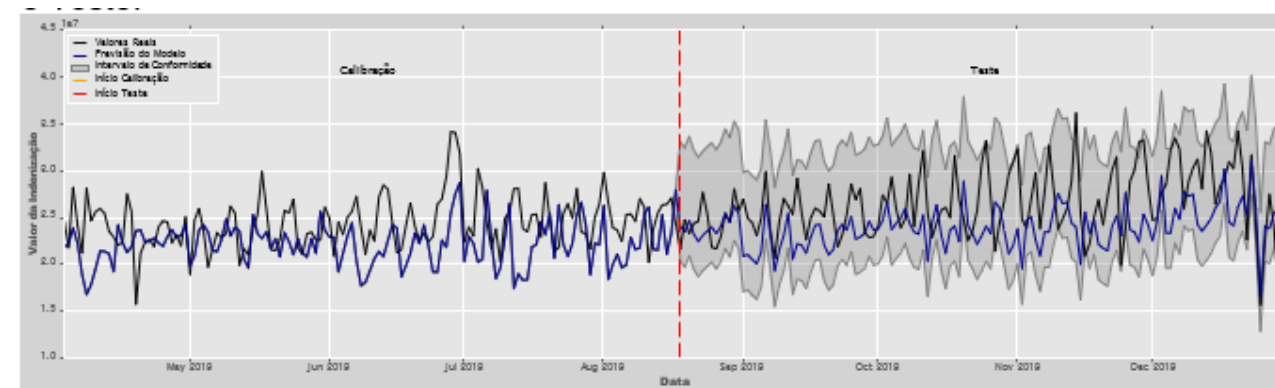
¹ A Tabela 3 apresenta as principais métricas de desempenho do modelo em três fases distintas: Validação, Calibração e Teste. As métricas incluem o erro quadrático médio (MSE), raiz do erro quadrático médio (RMSE), erro médio absoluto (MAE), e outras medidas de erro, proporcionando uma visão detalhada da performance do modelo em diferentes cenários.

Essas métricas mostram que o modelo manteve sua consistência, capturando variações de forma eficaz em diferentes cenários. Em suma, o LSTM treinado conseguiu generalizar bem para novos dados, apresentando previsões robustas e precisas em todas as fases de avaliação.

Após a fase de calibração, as previsões no conjunto de teste mostraram que, embora algumas regiões apresentassem discrepâncias maiores entre os valores reais e as previsões, os intervalos gerados pelo método de *Conformal Prediction* foram eficazes em capturar essas variações.

A Tabela 3 também evidencia que, apesar de um leve aumento no erro médio quadrático (MSE e RMSE) durante a fase de teste, o modelo manteve uma precisão significativa.

Figura 7: Análise de Previsão de Sinistralidades com LSTM nas Fases de Calibração e Teste.



Nota: O gráfico apresenta a comparação entre os valores reais de sinistralidades (em preto) e as previsões do modelo LSTM (em azul) durante as fases de Calibração e Teste. O eixo vertical (Y) exibe o valor das indenizações, enquanto o eixo horizontal (X) representa o tempo. As linhas tracejadas laranja e vermelha indicam o início das fases de Calibração e Teste, respectivamente. A área sombreada ao redor da linha de previsão representa o intervalo de conformidade, evidenciando a margem de incerteza associada às previsões.

As métricas de quantis relativos (QR), por exemplo, mostram que o LSTM continuou a capturar com eficiência as variações nas sinistralidades. Isso não só garante previsões precisas, mas também fornece uma avaliação clara da incerteza, essencial para a tomada de decisões no gerenciamento de riscos.

Em resumo, os resultados obtidos demonstram a eficácia do modelo LSTM combinado com *Conformal Prediction* na previsão de sinistralidade agregada diária. O uso de técnicas avançadas de otimização de Hiper parâmetros, como o *Optuna*, garantiu que o modelo atingisse uma performance robusta.

Além disso, os intervalos de conformidade proporcionaram uma visão clara das incertezas envolvidas, permitindo uma análise mais profunda e confiável dos dados.

4.2. RESULTADOS DO PRÊMIO PURO AJUSTADO E INCERTEZAS

Após a calibração do modelo e o cálculo dos intervalos de conformidade, utilizamos o método *CP* para ajustar os valores de sinistralidade previstos, levando em consideração diferentes níveis de incerteza. Na Figura 8, apresentamos três cenários distintos de ajuste do prêmio puro (Eq. (3.20)), variando o valor do fator de sensibilidade α , que reflete o nível de conservadorismo em relação à incerteza do sinistro previsto.

Os intervalos de confiança, calculados pelo *CP*, são representados pela área sombreada ao redor das previsões de sinistralidade. O prêmio ajustado é calculado considerando o desvio padrão da previsão central \hat{y}_t , o limite superior Upper Bound_t e o limite inferior Lower Bound_t, com diferentes α influenciando a sensibilidade do ajuste.

A Figura 8 ilustra o impacto direto do valor de α sobre o prêmio calculado. Quando $\alpha = 0.3$, o prêmio ajustado é mais baixo, refletindo menor confiança sobre a incerteza do intervalo. Esse cenário pode ser ideal em condições de menor risco ou maior previsibilidade dos sinistros.

No cenário intermediário com $\alpha = 0.5$, o prêmio ajustado reflete uma maior

sensibilidade à incerteza, sendo mais adequado para situações com moderado grau de imprevisibilidade.

Já no cenário mais conservador, $\alpha = 1$, o prêmio ajustado é significativamente maior, justificando-se pela maior amplitude dos intervalos de conformidade e pela incerteza mais pronunciada nas previsões de sinistralidade.

Um ponto crucial observado nas previsões do conjunto de teste, onde o modelo foi avaliado com dados não vistos durante o treinamento (Figura 8), foi que o CP conseguiu cobrir regiões que o modelo original LSTM não alcançou.

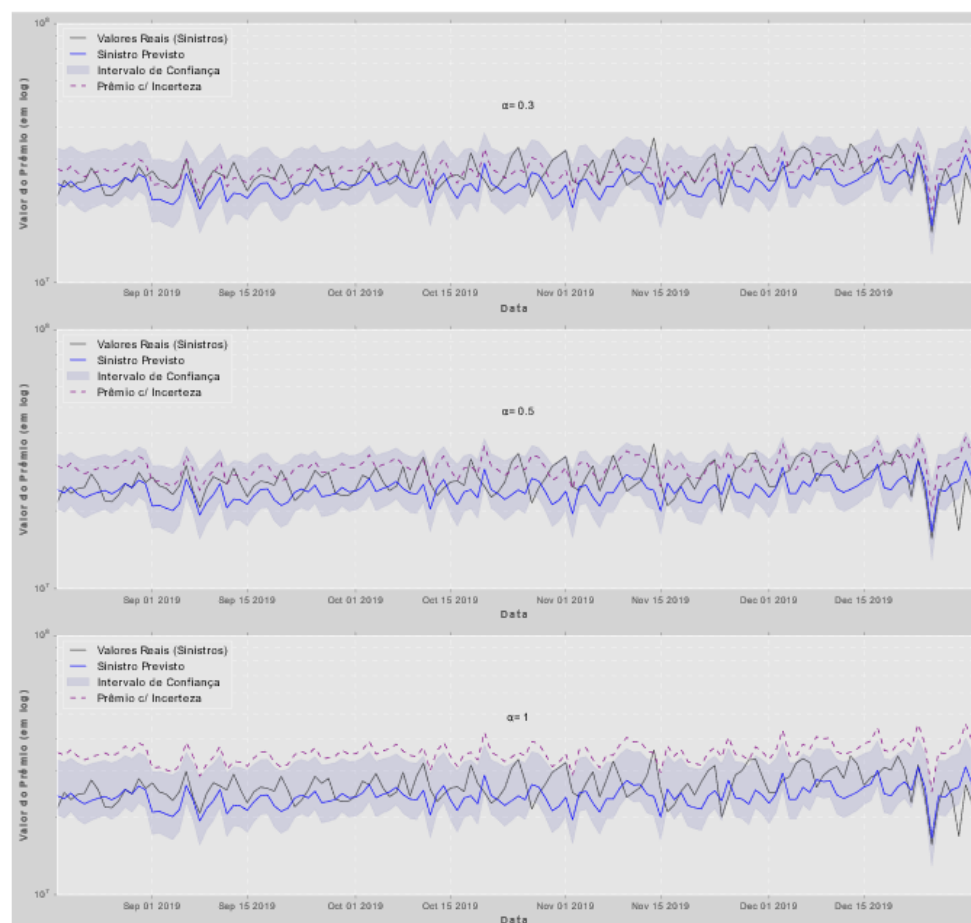
Essa capacidade de adaptação do CP é especialmente evidente em momentos em que a sinistralidade real divergiu significativamente das previsões.

Mesmo quando o modelo em si falhou em capturar as flutuações mais extremas, os intervalos de conformidade gerados pelo CP e pela Eq. 3.20 ajustaram o prêmio para cima, ampliando a margem de incerteza de forma adequada. Dessa forma, o CP evitou subestimativas perigosas em regiões de maior volatilidade.

Esse resultado ressalta a importância da aplicação do CP no conjunto de teste, uma vez que a técnica não apenas aumenta a confiança nos prêmios ajustados, mas também expande sua cobertura de maneira preventiva, ampliando os intervalos para abranger flutuações imprevistas e proteger a precificação em cenários de maior incerteza.

Essa abordagem quantitativa oferece uma forma robusta e transparente de ajustar o prêmio puro em função do nível de incerteza, proporcionando uma ferramenta eficaz para mitigar riscos em cenários de alta variabilidade.

Figura 8: Prêmio Puro Ajustado para Diferentes Níveis de Incerteza ().



Nota: A Figura 8 apresenta a comparação entre os valores reais de sinistralidade e os valores de prêmio ajustados, variando o valor de α (0.3, 0.5 e 1). O fator α determina o quanto a incerteza influencia no cálculo do prêmio puro, refletindo diferentes níveis de conservadorismo no ajuste. O eixo Y está em escala logarítmica, representando o valor das indenizações.

A tabela 4 resume essas estatísticas mensais, destacando a previsão acumulada de sinistros, os limites dos prêmios ajustados, e a média da incerteza mensal, fornecendo uma visão compreensiva do comportamento dos sinistros ao longo dos meses analisados.

Tabela 4: Análise Mensal de Sinistro Previsto e Prêmio com Incerteza.

Data	Sinistro Previsto (Acumulado)	Prêmio c/ Incerteza (Acumulado)	Incerteza (Média)
2019-08-31	337.373.595,843	416.976.913,095	11.371.902,465
2019-09-30	678.024.442,269	839.329.978,103	10.753.702,389
2019-10-31	744.188.842,718	919.924.311,628	11.337.772,188
2019-11-30	716.155.616,284	885.410.378,517	11.283.650,816
2019-12-31	794.685.620,824	981.203.936,070	12.033.439,693

Nota: Esta tabela apresenta uma análise das previsões acumuladas de sinistralidade, bem como o prêmio ajustado com a incerteza associada. Ela busca mostrar como as variações de incerteza impactam o prêmio acumulado ao longo do tempo.

A Tabela 4 mostra como as previsões de sinistros acumuladas mensalmente variam ao longo do tempo e como a incerteza, calculada através dos intervalos de conformidade, afeta o prêmio final ajustado. A média da incerteza mensal fornece uma visão clara de como o risco associado aos sinistros flutuam mensalmente.

A Tabela 5 complementa essa análise, apresentando os limites máximo e mínimo dos prêmios ajustados para cada mês. Esses limites são derivados da incerteza calculada e fornecem uma faixa de valores dentro dos quais as seguradoras podem precificar suas apólices, levando em consideração os cenários de maior ou menor incerteza.

Tabela 5: Análise Mensal de Sinistro Previsto e Limites de Prêmio.

Data	Sinistro Previsto (Acumulado)	Premio Mínimo (Acumulado)	Premio Máximo (Acumulado)
2019-08-31	337.373.595,843	285.320.165,500	463.371.989,162
2019-09-30	678.024.442,269	566.481.377,250	948.020.999,381
2019-10-31	744.188.842,718	628.927.675,532	1.023.185.285,067
2019-11-30	716.155.616,284	604.612.551,264	986.152.173,396
2019-12-31	794.685.620,824	679.424.453,637	1.073.682.063,173

Esta tabela apresenta as previsões acumuladas de sinistralidade e os limites ajustados de prêmio máximo e mínimo. Esses valores indicam os intervalos de prêmio esperados com base na incerteza calculada para o período analisado.

Esta abordagem de análise mensal ressalta a eficácia do modelo em adaptar-se às variações sazonais e outras tendências de longo prazo, permitindo uma gestão de risco mais informada e fundamentada.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma abordagem inovadora para a previsão de sinistralidades diárias no setor de seguros, combinando redes neurais *LSTM* com a técnica de *Conformal Prediction* (CP). Ao contrário de métodos tradicionais, o CP é uma técnica *não-paramétrica* e independente do modelo, permitindo que ele se adapte ao comportamento dos dados e seja aplicado sobre uma ampla gama de modelos preditivos sem a necessidade de suposições estatísticas rígidas.

O objetivo foi fornecer previsões robustas, capturando não apenas a dinâmica temporal dos sinistros, mas também quantificando a incerteza de maneira flexível, sem reformulações nos modelos utilizados. A combinação entre a modelagem avançada de séries temporais e os intervalos de conformidade permitiu ajustar os prêmios puros de forma transparente, levando em consideração a variabilidade dos dados.

Os resultados empíricos mostraram que, embora o modelo *LSTM Probabilístico* tenha desempenhado bem ao prever sinistralidades, foi a aplicação do *Conformal Prediction* que acrescentou uma camada de robustez ao sistema. No conjunto de teste, o CP cobriu regiões onde o modelo sozinho não capturou as variações, ajustando os prêmios de forma mais confiável, especialmente em momentos de maior incerteza.

Um aspecto central deste trabalho é que o *Conformal Prediction* pode ser aplicado a qualquer modelo preditivo existente, como os *GLM* e outros amplamente utilizados no setor de seguros. Sua flexibilidade permite que ele se ajuste ao comportamento dos dados sem suposições rígidas, tornando-o aplicável sem necessidade de mudanças estruturais significativas nos modelos já usados.

Além disso, o CP é uma solução simples e eficiente, que pode ser implementada diretamente sobre qualquer modelo preditivo, sem necessidade de redesenho da modelagem existente. Isso facilita a adoção por parte das seguradoras, que podem incorporar a técnica para aprimorar a gestão de risco e a precificação, sem modificar suas práticas de forma drástica.

O CP também permite ajustar os prêmios de acordo com o nível de incerteza, variando o fator de sensibilidade α para refletir diferentes graus de conservadorismo. Cenários mais conservadores, com α maior, resultaram em prêmios mais altos, cobrindo uma faixa maior de incerteza e prevenindo subestimações em eventos extremos, algo particularmente relevante em momentos de alta volatilidade.

Essa abordagem quantitativa e transparente de ajuste de prêmios com base na incerteza permite que as seguradoras adotem estratégias proativas para mitigar ou assumir certo nível de riscos. Ao incorporar a incerteza preditiva de maneira direta e sem suposições rígidas, o CP reforça sua utilidade como ferramenta valiosa na gestão de riscos e na precificação mais justa e adequada à realidade dos dados.

6. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, R. de A. et al. Morphological-rank-linear models for financial time series forecasting. In: _____. [S.l.]: InTech, 2010.

- BASTOS, J. A. Conformal prediction of option prices. *Expert Systems with Applications*, v. 245, p. 123087, 7 2024. ISSN 09574174.
- FIGUEIREDO, R. et al. A probabilistic paradigm for the parametric insurance of natural hazards. *Risk Analysis*, v. 38, p. 2400–2414, 11 2018. ISSN0272-4332.
- FRÖHLICH, A.; WENG, A. Modelling parameter uncertainty for risk capital calculation. *European Actuarial Journal*, v. 5, p. 79–112, 7 2015. ISSN2190-9733.
- GHANY, K. K. A.; ZAWBAA, H. M.; SABRI, H. M. Covid-19 prediction using lstm algorithm: Gcc case study. *Informatics in Medicine Unlocked*, v. 23, p. 100566, 2021. ISSN 23529148.
- HE, M. et al. Application of optimized lstm in prediction of the cumulative confirmed cases of covid-19. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, v. 27, p. 1893–1905, 10 2024. ISSN 1025-5842.
- HONG, L. Conformal prediction credibility intervals. *North American Actuarial Journal*, v. 27, p. 675–688, 10 2023. ISSN 1092-0277.
- KNIEF, U.; FORSTMEIER, W. Violating the normality assumption maybe the lesser of two evils. *Behavior Research Methods*, v. 53, p. 2576–2590, 12 2021. ISSN 1554-3528.
- KOGURE, A.; LI, J.; KAMIYA, S. A bayesian multivariate risk-neutral method for pricing reverse mortgages. *North American Actuarial Journal*, v. 18, p. 242–257, 1 2014. ISSN 1092-0277.
- LIU, Z.; YANG, Y. Uncertain insurance risk process with multiple classes of claims. *Applied Mathematical Modelling*, v. 83, p. 660–673, 7 2020. ISSN 0307904X.
- MOURDOUKOUTAS, F. et al. Optimal premium pricing in a competitive stochastic insurance market with incomplete information: A bayesiangame-theoretic approach. *Insurance: Mathematics and Economics*, v. 119, p. 32–47, 11 2024. ISSN 01676687.
- OMRANI, H. et al. Evaluation of insurance companies considering uncertainty: A multi-objective network data envelopment analysis model with negative data and undesirable outputs. *Socio-Economic Planning Sciences*, v. 82, p. 101306, 8 2022. ISSN 00380121.
- PENG, S.-C.; LI, C.-S.; LIU, C.-C. Deregulation, pricing strategies, and claim behavior in the taiwan automobile insurance market. *Emerging Markets Finance and Trade*, v. 52, p. 869–885, 4 2016. ISSN 1540-496X.
- QIAN, X. et al. Random projection ensemble conformal prediction for high-dimensional classification. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, v.

253, p. 105225, 10 2024. ISSN 01697439.

RENKEMA, Y.; BRINKEL, N.; ALSKAIF, T. Conformal prediction for stochastic decision-making of pv power in electricity markets. *Electric Power Systems Research*, v. 234, p. 110750, 9 2024. ISSN 03787796.

SACHS, R. Risk and uncertainty in the insurance industry. In: _____. [S.l.]: Springer International Publishing, 2018. p. 329–344.

SALINAS, D. et al. Deepar: Probabilistic forecasting with autoregressive recurrent networks. *International Journal of Forecasting*, v. 36, p. 1181–1191, 7 2020. ISSN 01692070.

SUMMUN, K. et al. An assessment of the determinants of mauritian automobile insurance claims using negative binomial and gamma regression models. *Journal of Statistics and Management Systems*, v. 21, p. 725–740, 9 2018. ISSN 0972-0510.

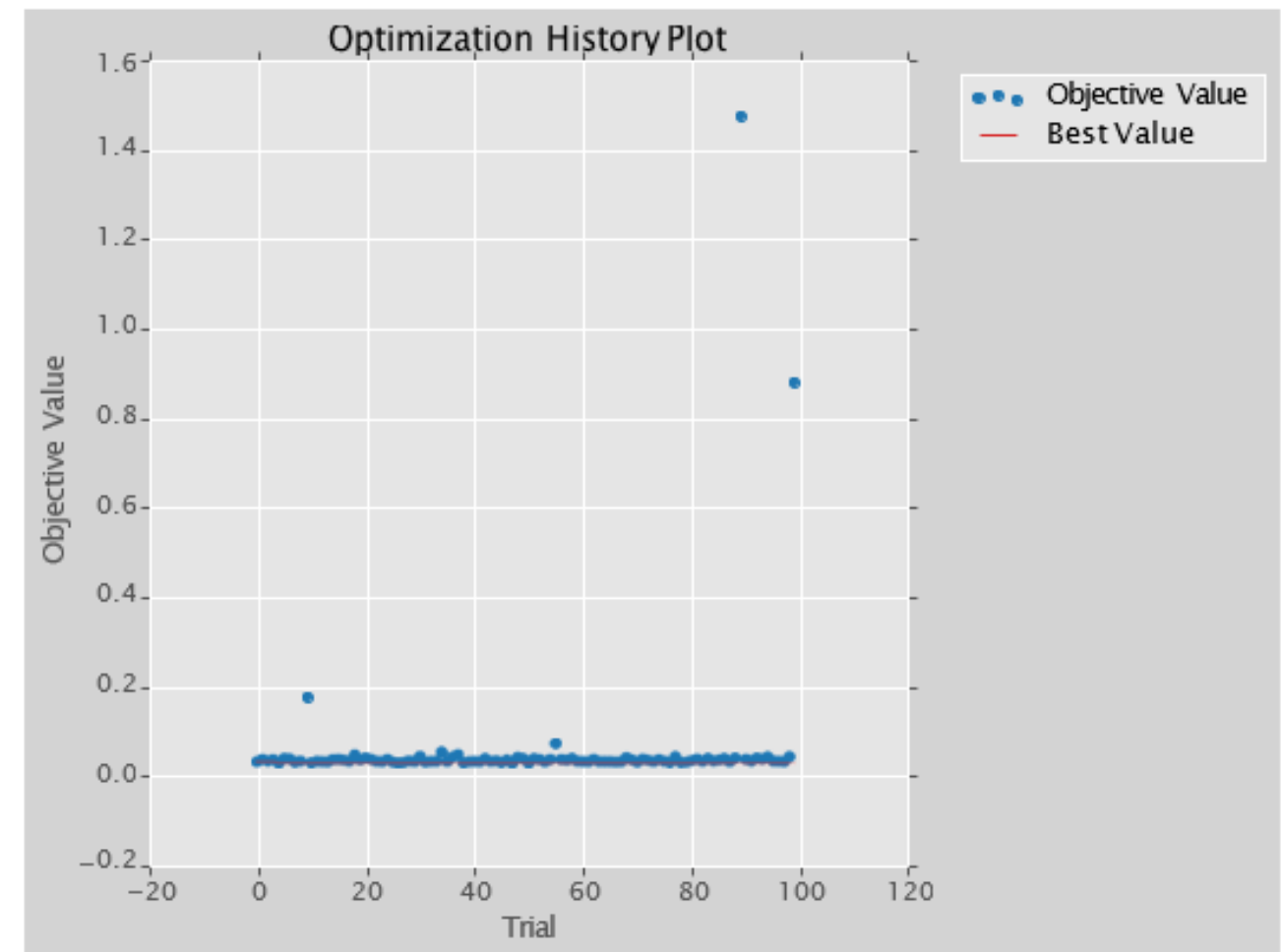
TADAYON, V.; GHANBARZADEH, M. Spatial copula-based modeling of claim frequency and claim size in third-party car insurance: A poisson-mixed approach for predictive analysis. *Insurance: Mathematics and Economics*, v. 119, p. 119–129, 11 2024. ISSN 01676687.

ZHANG, Y. et al. Bayesian cart models for insurance claims frequency. *Insurance: Mathematics and Economics*, v. 114, p. 108–131, 1 2024. ISSN01676687.

ZITTI, M. Forecasting salmon market volatility using long short-term memory (lstm). *Aquaculture Economics Management*, v. 28, p. 143–175, 1 2024. ISSN1365-7305.

7. APÊNDICE A: GRÁFICOS DA OTIMIZAÇÃO HIPER PARAMÉTRICA

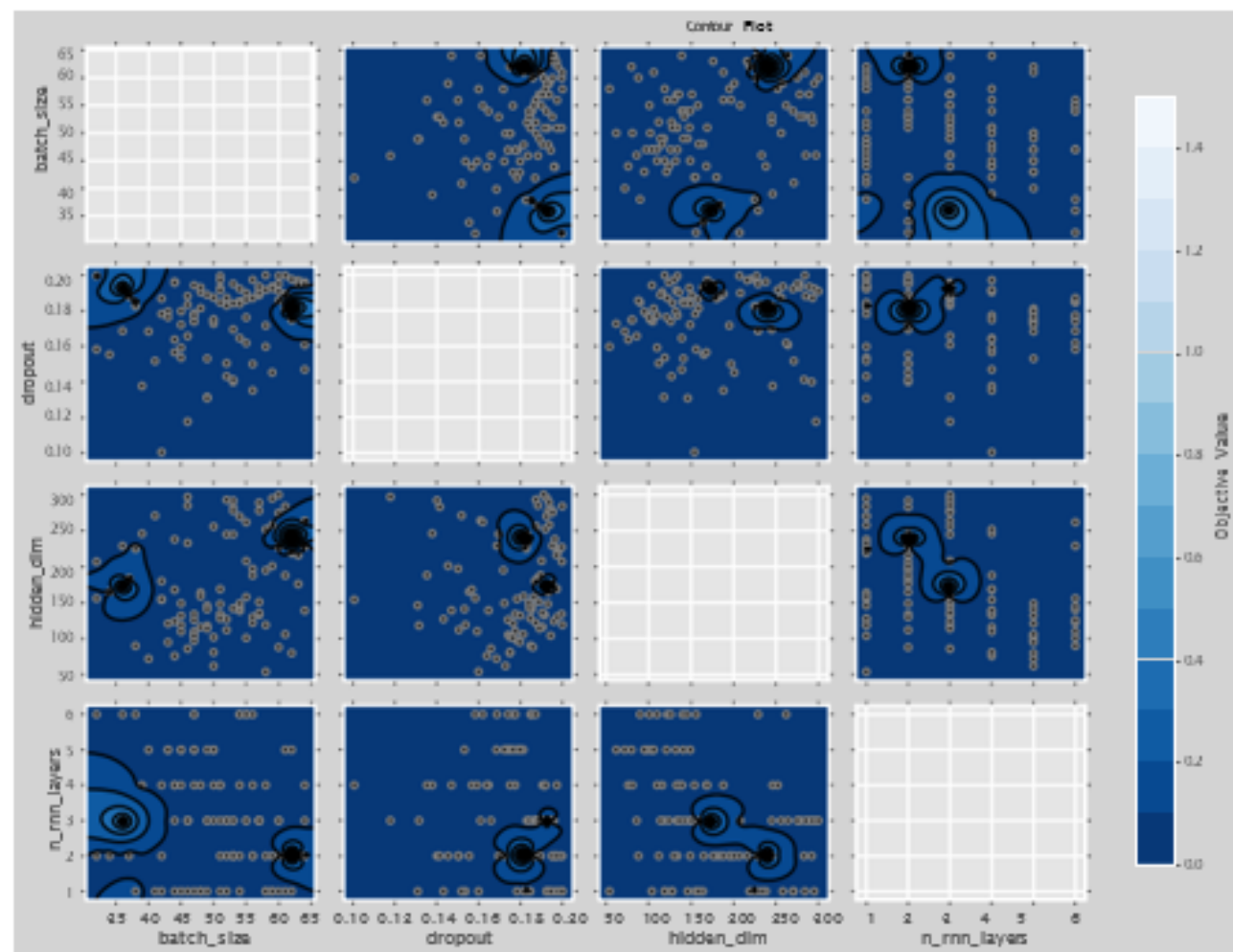
Figura 9: Histórico de Otimização dos Hiper parâmetros no Optuna.



Fonte: Optuna

Nota: A Figura 9 apresenta o histórico de otimização dos Hiper parâmetros durante o processo de tuning utilizando o Optuna. Ela ilustra a evolução da métrica de erro (perda) conforme o estudo explora diferentes combinações de Hiper parâmetros para melhorar a performance do modelo LSTM.

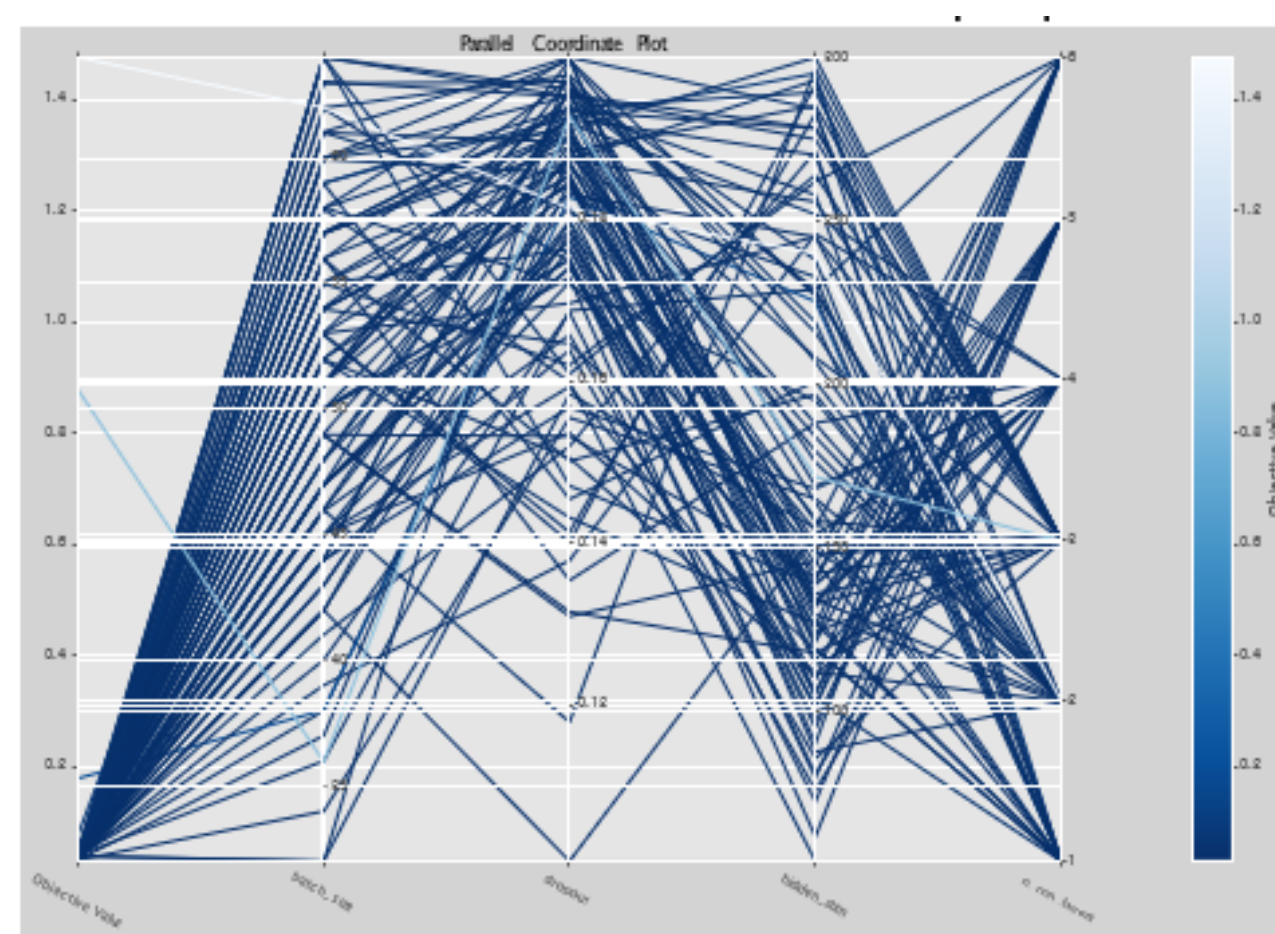
Figura 10: Gráfico de Contorno dos Hiper parâmetros no Optuna



Fonte: Optuna

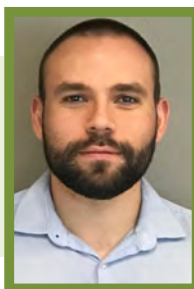
Nota: A Figura 10 mostra o gráfico de contorno que representa a interação entre dois Hiper parâmetros e como eles afetam a performance do modelo LSTM. Este gráfico ajuda a visualizar regiões do espaço de Hiper parâmetros que resultam em melhor otimização.

Figura 11: Gráfico de Coordenadas Paralelas dos Hiper parâmetros no Optuna.



Fonte: Optuna

Nota: A Figura 11 apresenta o gráfico de coordenadas paralelas, visualizando as interações entre múltiplos Hiper parâmetros. Este gráfico permite identificar combinações de Hiper parâmetros que resultam em melhor performance do modelo LSTM, facilitando a análise de trade-offs entre eles.

Alexandre Bassi
Galdino

MISTURAS DE VALORES EXTREMOS: APLICAÇÃO EM ATUÁRIA

RESUMO A modelagem da severidade de sinistros no âmbito dos seguros não-vida é um tema desafiador para atuários e profissionais da indústria de seguros. Modelos de severidade comumente utilizados na prática atuarial, baseados em funções de densidade paramétricas, frequentemente conseguem ajustar bem a parte central das distribuições empíricas, mas falham em descrever o comportamento das observações mais extremas, localizadas na cauda superior dessas distribuições. Neste artigo, investigamos o desempenho de um modelo de mistura de valores extremos para ajustar, simultaneamente, tanto sinistros de baixa e moderada magnitude (atricionários) quanto sinistros de grande magnitude (catastróficos). O modelo é extremamente flexível devido ao seu componente não-paramétrico, evitando a necessidade de se impor uma forma funcional excessivamente restritiva para a parte central da distribuição de severidade, na qual os dados são mais abundantes e admitem a utilização de modelos semi-paramétricos e não-paramétricos. Para ilustrar o desempenho do modelo proposto no contexto da severidade de sinistros, consideramos três conjuntos de dados reais, publicamente acessíveis e amplamente estudados na literatura. Os resultados fornecem evidências de que o modelo proposto supera modelos paramétricos comumente utilizados na prática atuarial, bem como modelos flexíveis alternativos propostos na literatura.

1. INTRODUÇÃO

No contexto dos seguros não-vida, modelos estatísticos adequados para inferir a severidade de sinistros são essenciais para uma ampla gama de aplicações práticas, como, por exemplo, apuração de contratos, desenvolvimento de novos produtos, mensuração dos passivos de sinistros incorridos, determinação de níveis ótimos de retenção em operações de resseguro e cálculo de medidas de risco.

No entanto, encontrar uma distribuição de severidade que se ajuste aos dados geralmente não é uma tarefa fácil. Em particular, uma das principais dificuldades na modelagem da severidade de sinistros é a incapacidade de se obter um único modelo teórico que forneça um ajuste suficientemente satisfatório em todo o suporte da distribuição.

Do ponto de vista de suas propriedades estatísticas, distribuições empíricas de severidade têm suporte positivo e, na maioria dos casos, são unimodais em

forma de corcova, assimétricas à direita e apresentam caudas extremamente pesadas. Modelos paramétricos comumente usados como, por exemplo, Gamma, Log-normal, Weibull e Gaussiana Inversa, muitas vezes conseguem se ajustar bem à área central da distribuição (compreendendo os eventos de baixa e moderada magnitude), mas falham em capturar adequadamente o comportamento das observações mais extremas, subestimando a probabilidade de sinistros de grande magnitude.

Uma abordagem comumente usada em análises atuariais para superar essa limitação é isolar grandes sinistros e modelá-los separadamente através da celebrada Teoria dos Valores Extremos (TVE) (Rootzén e Tajdivi, 1997; McNeil, 1997; Cebrián, Denuit e Lambert, 2003). Essa abordagem, denominada *peaks-over-threshold*, é adequada apenas para modelar os sinistros de grande magnitude, de modo que nenhuma informação é obtida sobre os eventos de menor severidade, situados abaixo de um determinado limiar.

McNeil (1997) sugere que, se os sinistros menos severos também são de interesse, podemos usar um modelo de mistura, de modo que um modelo baseado na TVE seja aplicado à cauda superior e outro à parte central dos dados. O propósito dessa classe de modelos de mistura, que ficou conhecida como *misturas de valores extremos*, é combinar um modelo para os dados localizados no centro da distribuição, que abrangem sinistros de magnitude pequena e moderada (também chamados de sinistros atricionários), e outro modelo (especialmente os que seguem leis de potência, como os da família Pareto) para suas extremidades, capturando assim o comportamento assintótico dos sinistros extremos (também conhecidos como sinistros catastróficos).

1.1. LITERATURA RELACIONADA E CONTRIBUIÇÃO DESSE ARTIGO

As *misturas de valores extremos* são objeto de vasta pesquisa sob abordagens clássicas e bayesianas. Frigessi, Haug e Rue (2002) sugerem um modelo de mistura de valores extremos com pesos dinâmicos, no qual o componente da cauda superior segue uma *distribuição generalizada de Pareto* (*Generalized Pareto Distribution*, GPD) e o corpo (parte central) da distribuição é descrito por uma função densidade Weibull. A função de mistura, que combina ambas as distribuições, varia em R^+ de tal forma que, para grandes valores, o componente GPD é predominante e, assim, assume o papel de seleção do limiar que separa os componentes da mistura.

Mendes e Lopes (2004) propuseram uma mistura de valores extremos na qual tanto a cauda direita quanto a esquerda são modeladas por GPDs e o centro é modelado por uma distribuição Normal. Eles sugerem, inicialmente, a aplicação de técnicas de padronização robustas sobre a amostra para distinguir claramente o corpo dos dados de suas caudas, amplificando observações extremas. Os parâmetros do modelo são então estimados por procedimentos de máxima verossimilhança.

Behrens, Lopes e Gamerman (2004), por sua vez, introduziram uma mistura de valores extremos similar, na qual assume-se que o corpo da distribuição segue uma distribuição Gamma e a cauda superior segue uma GPD. Os autores também propuseram uma estrutura de inferência bayesiana para considerar a incerteza quanto à definição do limiar que divide ambos os componentes da mistura.

Na literatura atuarial, Cooray e Ananda (2005) derivaram um modelo de mistura que compreende uma função densidade Log-normal até um limiar fixo estabelecido e uma distribuição de Pareto Tipo I para as caudas. Os autores impuseram condições de continuidade e diferenciabilidade no limiar para garantir uma função densidade de probabilidade contínua e suave, reduzindo o número de parâmetros a serem estimados. Scollnik (2007) estendeu o modelo Log-normal-Pareto proposto por Cooray e Ananda (2005) desenvolvendo um modelo de mistura com pesos que não são fixados *a priori*. O autor demonstra que, sob a restrição de continuidade, os pesos da mistura podem ser determinados como uma função dos parâmetros do modelo. O autor também desenvolveu um segundo modelo de mistura substituindo a distribuição de Pareto Tipo I, de parâmetro único, pela distribuição de Pareto Tipo II (Lomax) nas caudas.

Para garantir maior flexibilidade às misturas de valores extremos e relaxar suposições paramétricas excessivamente restritivas ao corpo das distribuições, Tancredi, Anderson e O' Hagan (2006) sugeriram uma mistura de funções de densidade uniformes para modelar a parte central dos dados, enquanto Nascimento, Gamerman e Lopes (2012) optaram por empregar uma mistura finita de distribuições Gamma.

Lee, Li e Wong (2012), no contexto atuarial, propuseram uma mistura de valores extremos na qual a parte central da distribuição de severidade é modelada por uma mistura de duas componentes de distribuições exponenciais (distribuição hiperexponencial) até um limiar fixo e uma GPD para a densidade da cauda superior. Uma grande desvantagem do modelo é o comportamento monotonicamente decrescente da distribuição hiperexponencial. Assim, as distribuições ajustadas não terão modas internas, um potencial problema quando lidamos com distribuições de severidade no âmbito dos seguros não-vida.

Reynkens *et al.* (2017) superaram essa limitação substituindo a mistura de duas componentes exponenciais proposta por Lee, Li e Wong (2012) na parte central dos dados por uma mistura de distribuições Erlang com parâmetro de escala comum. No entanto, à medida que o número de componentes Erlang aumenta, a inferência sob esses modelos tipicamente conduz a problemas de otimização não convexos desafiadores do ponto de vista computacional. Embora o algoritmo de expectativa-maximização (EM) seja a abordagem mais popular para resolver problemas não convexos, o comportamento desse algoritmo ainda não é bem compreendido.

Para estender a literatura atuarial existente, o presente artigo oferece um exame detalhado de uma versão modificada do modelo de mistura de valores extremos desenvolvido por MacDonald *et al.* (2011), aplicando-o a dados de severidade de sinistros no âmbito dos seguros não-vida. Os referidos autores introduziram uma classe de misturas de valores extremos, na qual o centro da distribuição é descrito por um estimador de densidade *kernel*¹ não-paramétrico e as caudas são modeladas por GPDs. Tal mistura de valores extremos é extremamente flexível devido ao seu componente não-paramétrico. Além disso, o estimador de densidade *kernel* tem apenas um único parâmetro a ser estimado (o parâmetro de largura de banda), superando o problema do alto ônus compu-

1 Optamos por manter a palavra em inglês, ao invés de utilizar a palavra núcleo traduzida para o português.

tacional relacionado a outros métodos concorrentes, como o modelo de mistura de distribuições Erlang proposto por Reynkens *et al.* (2017).

Em termos de nossa contribuição para a literatura atuarial, até onde sabemos, este é o primeiro artigo que implementa uma mistura de valores extremos deste tipo no campo. Além disso, é utilizado um critério automático de seleção do limiar para determinar onde a cauda direita descrita pela GPD começa. O critério automático de seleção é implementado por meio do estimador de Hill, que equilibra adequadamente o viés e a variância para minimizar o erro quadrático médio (EQM) dos parâmetros estimados. Por fim, é realizada uma avaliação abrangente do modelo de mistura de valores extremos proposto comparando-o com diversos outros modelos comumente utilizados na prática e na literatura atuarial. Com base em nossos resultados, encontramos evidências de que o modelo proposto supera os modelos concorrentes analisados. Mais especificamente, considerando diversas métricas, o modelo de mistura de valores extremos forneceu o melhor ajuste aos dados dentre as alternativas testadas, e sua performance foi invariante em relação ao conjunto de dados escolhido.

Este artigo segue da seguinte forma. Na seção dois, apresentamos o modelo de mistura de valores extremos proposto e discutimos seus componentes, bem como o procedimento automático de seleção do limiar que os separam. Na seção três, apresentamos nossa estrutura de inferência em duas etapas, onde introduzimos inicialmente os métodos usados na estimação do parâmetro do limiar e, em seguida, procedemos à apresentação do método da máxima verossimilhança utilizado para inferência dos parâmetros dos componentes do modelo. A seção quatro ilustra a utilidade prática e relevância do modelo em aplicações atuariais através da análise de três conjuntos de dados compreendendo informações de sinistros reais. Por fim, a seção cinco oferece conclusões e algumas recomendações práticas.

2. MODELO DE MISTURA DE VALORES EXTREMOS

O modelo de mistura de valores extremos proposto pressupõe que as observações abaixo de um determinado limiar u , onde os dados costumam ser abundantes, podem ser descritas por uma densidade *kernel* não paramétrica. Por outro lado, as observações acima do referido limiar (ou seja, observações localizadas na cauda superior da distribuição) seguem uma *distribuição generalizada de Pareto* (GPD).

Formalmente, seja $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ uma amostra de n observações independentes com função de distribuição $F_{(x)}$. A mistura de valores extremos proposta é definida pela seguinte função de distribuição

$$F(x|\lambda, u, \sigma, \xi, X) = \begin{cases} (1 - \phi_u) \frac{H(x|\lambda, X)}{H(u|\lambda, X)}; & x \leq u \\ (1 - \phi_u) + \phi_u G(x|u, \sigma, \xi); & x > u \end{cases} \quad (2.1)$$

onde $\phi_u = P[X > u]$, $H(\cdot|\lambda, X)$ é uma função de distribuição *kernel* com parâmetro λ (largura da banda), e $(1 - \phi_u) + \phi_u G(\cdot|u, \sigma, \xi)$ é a função de distri-

buição GPD não-condicional com parâmetros u (limiar), σ (escala) e ξ (forma).

A função densidade de probabilidade correspondente pode ser encontrada por diferenciação direta e é escrita como

$$f(x|\lambda, u, \sigma, \xi, X) = \begin{cases} (1 - \phi_u) \frac{h(x|\lambda, X)}{H(u|\lambda, X)}; & x \leq u \\ \phi_u g(x \vee u, \sigma, \xi); & x > u \end{cases} \quad (2.2)$$

onde $h(\cdot | \lambda, X)$ é uma função densidade *kernel* e $g(\cdot | u, \sigma, \xi)$ é a função densidade da distribuição GPD.

Note-se que o modelo proposto é considerado um modelo de mistura finita, já que pode ser representado na forma

$$f(x) = \pi f_1(x) + (1 - \pi) f_2(x) \quad (2.3)$$

onde o peso da mistura é dado por $\pi = (1 - \phi_u)$ e

$$f_1(x) = \frac{h(x|\lambda, X)}{H(u|\lambda, X)} l_{(-\infty, u]}(x)$$

$$f_2(x) = g(x|u, \sigma, \xi) l_{(u, -\infty)}(x)$$

Ambos os componentes do modelo de mistura de valores extremos apresentado (*i.e.* função densidade *kernel* e função densidade GPD) são brevemente descritos nas duas subseções seguintes.

2.1. ESTIMADOR DE DENSIDADE KERNEL

A *estatística não-paramétrica* é o ramo da estatística dedicado ao desenvolvimento de métodos que não fazem nenhuma suposição sobre a forma funcional do processo gerador de dados sendo analisado. A principal vantagem dessa abordagem reside na maior flexibilidade proporcionada por esses métodos. No entanto, flexibilidade não vem sem custos. Ao impor menos estrutura sobre a forma funcional do processo gerador de dados, modelos não paramétricos requerem mais dados para alcançar o mesmo grau de precisão que um modelo paramétrico corretamente especificado.

O uso de métodos não-paramétricos é, portanto, teoricamente adequado para a modelagem da parte central das distribuições de severidade, e bastante útil na prática atuarial, uma vez que as bases de dados de sinistros das entidades seguradoras são, em geral, bastante grandes e possuem observações suficientes para permitir a aplicação desses métodos (especialmente nos ramos massificados).

O método não-paramétrico mais difundido para estimação de distribuições é o método de densidade *kernel*. O estimador clássico de densidade *kernel* é um estimador consistente para $f(x)$ dado por

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{n\lambda} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - x_i}{\lambda}\right) \quad (2.4)$$

onde $K(\cdot)$ é uma função *kernel* e λ é um parâmetro positivo de suavização, frequentemente chamado de largura de banda. Note-se que o estimador de

densidade *kernel* é não-paramétrico, porque não faz nenhuma suposição sobre a função densidade de probabilidade subjacente.

Também podemos definir o estimador de densidade *kernel* em sua notação de escala

$$\hat{f}(x) = n^{-1} \sum_{i=1}^n K_\lambda(x - x_i) \quad (2.5)$$

$$\text{onde } K_\lambda(x) = \frac{1}{\lambda} K\left(\frac{x}{\lambda}\right).$$

A função *kernel* $K(\cdot): \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$, por sua vez, deve satisfazer as seguintes condições

$$\int K(x) dx = 1$$

$$\int x^2 K(x) dx > 0.$$

Essas condições garantem que o estimador de densidade *kernel* resultante seja uma função densidade de probabilidade válida e um estimador consistente para $f(x)$.

Existem várias escolhas possíveis para a função *kernel*. Algumas das mais usadas são as funções Gaussiana, Epanechnikov, Silverman, uniforme e triangular. No entanto, pouca orientação é dada na literatura sobre a escolha ideal da função *kernel*. Por simplicidade, a maioria dos autores utiliza o *kernel* gaussiano como função *kernel* nas estimações não-paramétricas de densidades. Optamos por seguir esta abordagem.² A função *kernel* Gaussiana pode ser definida como

$$K(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}x^2}; \quad -\infty < x < \infty \quad (2.6)$$

que é simplesmente a função densidade de uma distribuição Normal padrão.

2.2. DISTRIBUIÇÃO GENERALIZADA DE PARETO (GPD)

Para modelar a severidade de sinistros com grande magnitude, adotando a abordagem *peaks-over-threshold*, precisamos de uma distribuição condicional capaz de descrever o comportamento das observações extremas presentes na amostra, dado que elas excederam algum valor de limiar elevado u , $P[X \leq x | X > u]$. Sob certas condições, Balkema e de Haan (1974) e Pickands (1975) provaram que essa distribuição condicional converge assintoticamente para uma *distribuição generalizada de Pareto* (GPD) com a função de distribuição dada por

$$G(x|u, \sigma, \xi) = P[X \leq x | X > u] = \begin{cases} 1 - \left[1 + \xi \left(\frac{x-u}{\sigma}\right)\right]^{-\frac{1}{\xi}}; & \xi \neq 0 \\ 1 - \exp\left[-\left(\frac{x-u}{\sigma}\right)\right]; & \xi = 0 \end{cases} \quad (2.7)$$

² Nossos resultados são invariantes sob diferentes escolhas de funções *kernel*.

onde $x > u$, $\xi \in \mathbb{R}$ e $\sigma > 0$ são, respectivamente, os parâmetros de forma e escala.

A função densidade de probabilidade correspondente pode ser escrita como

$$g(x|u, \sigma, \xi) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma} \left[1 + \xi \left(\frac{x-u}{\sigma} \right) \right]^{-1-\frac{1}{\xi}}; \xi \neq 0 \\ \frac{1}{\sigma} \exp \left[- \left(\frac{x-u}{\sigma} \right) \right]; \xi = 0 \end{cases} \quad (2.8)$$

O parâmetro de forma ξ determina a espessura das caudas, de modo que (i) se $\xi < 0$: a distribuição tem cauda leve com suporte finito e final em $u - \frac{\sigma}{\xi}$; (ii) se $\xi = 0$: distribuição tem cauda exponencial; e (iii) se $\xi > 0$: a distribuição uma cauda pesada.

Note-se que, conforme definido na equação (2.7), a GPD é uma distribuição condicional capaz de descrever os excessos $(x-u)$ observados acima de determinado limiar u . No entanto, também é possível ajustá-la à cauda de uma distribuição não-condicional, assumindo que x está acima do limiar. Mais precisamente, utilizando probabilidades condicionais, podemos facilmente representá-la como uma distribuição truncada, com ponto de truncamento inferior no limiar u .

Observe que a probabilidade condicional $P[X \leq x | X > u]$ pode ser reescrita como

$$P[X \leq x | X > u] = \frac{P[u \leq X \leq x]}{1 - P[X \leq u]} = \frac{F(x) - F(u)}{1 - F(u)}$$

Lembrando que $\phi_u = P[X > u]$, a função de distribuição não-condicional $F(x)$ pode ser escrita como

$$F(x) = P[X \leq x] = (1 - \phi_u) + \phi_u P[X \leq x | X > u]; x > u$$

Portanto, para $x > u$, devemos empregar a seguinte expressão para modelar a cauda direita de uma distribuição não-condicional

$$F(x) = (1 - \phi_u) + \phi_u G(x|u, \sigma, \xi) \quad (2.9)$$

onde ϕ_u é estimado pela proporção da amostra acima do limiar u . A formulação acima é utilizada na mistura de valores extremos proposta, conforme descrito pela equação (2.1), para descrever a cauda direita da distribuição de severidade de sinistros.

2.3. SELEÇÃO DO LIMIAR

Uma vez que tenhamos definido adequadamente o modelo de mistura de valores extremo proposto, bem como seus componentes, devemos abordar a importante questão da seleção do limiar que separa os componentes da mistura. A escolha apropriada do limiar que separa os pequenos e médios sinistros dos grandes sinistros não é uma tarefa fácil. Se escolhermos um limiar muito baixo, podemos obter estimativas enviesadas, uma vez que a abordagem de valores

extremos é baseada em um teorema limite (Teorema de Pickands-Balkema-De Haan), que se aplica apenas a limiares suficientemente altos. Por outro lado, se definirmos um limiar excessivamente alto, teremos poucos pontos de dados e nossas estimativas serão instáveis e propensas a altos erros-padrão. Esse problema é conhecido como *trade-off* viés-variância.

Na literatura clássica de valores extremos, o limiar é frequentemente escolhido graficamente através da análise do gráfico de excesso médio, do gráfico de estabilidade de Hill e do gráfico de Gertensgarbe. Esses métodos geralmente exigem um grande conhecimento sobre o fenômeno que está sendo modelado. O analista deve inspecionar cuidadosamente os dados e compreender suas características para encontrar e justificar uma escolha razoável de limiar que respeite o *trade-off* viés-variância. Uma outra grande desvantagem dessas ferramentas gráficas é o alto nível de subjetividade, já que diferentes escolhas de limiar são possíveis.

Diante dessas limitações, métodos objetivos e automatizados têm sido propostos na literatura estatística para lidar com o problema da seleção do limiar. Em vez de uma estimativa direta do valor do limiar u , esses métodos estimam o número ótimo de observações k a ser utilizado na estimação da cauda. O valor do limiar é então calculado por $u = x_{(n,k)}$, onde $x_{(n,i)}$ denota a i -ésima estatística de ordem $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ de $X = \{x_p, \dots, x_n\}$ em ordem decrescente.

DuMouchel (1983) defende o uso de uma regra heurística onde o valor do limiar é escolhido como um quantil empírico elevado dos dados $(1-\epsilon)$, o que significa que $k = (1-\epsilon)n$. O autor sugere o uso da probabilidade $\epsilon = 0.10$. Ferreira, de Haan e Peng (2003) propuseram a regra da raiz quadrada $k = \sqrt{n}$, e Loretan e Philips (1994) uma regra empiricamente derivada dada por $k = \frac{n^{2/3}}{\ln[\ln(n)]}$.

Apesar de sua atraente simplicidade, os métodos heurísticos carecem de justificativa teórica formal. Métodos mais robustos de seleção de limiar podem ser obtidos com base no conhecido estimador de Hill (Hill, 1975). Formalmente, considere um conjunto de variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas $\{x_1, \dots, x_n\}$ que seguem uma lei de potência com caudas regularmente variáveis

$$1 - F(x) \sim x^{-\alpha} L(x) \quad (2.10)$$

onde $L(x)$ é uma função de variação lenta $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{L(tx)}{L(x)} = 1, t > 0$.

Claramente, o modelo acima não possui um comportamento de cauda tão flexível quanto o modelo GPD descrito anteriormente. No entanto, este é um caso especial importante em muitas aplicações empíricas, e a gama de técnicas desenvolvidas para a estimativa da sua fração de cauda pode ser extrapolada para a distribuição GPD.

O estimador de Hill para o índice de cauda ($\gamma = \alpha^{-1}$) baseado nas $k + 1$ estatísticas de ordem superior $(x_{n,1} \geq \dots \geq x_{n,n})$ é definido como

$$\gamma_n(k) = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \ln x_{n,i} - \ln x_{n,k+1} \quad (2.11)$$

É facilmente demonstrado que, se determinada variável aleatória

tem comportamento de cauda conforme descrito pela equação (2.10), as diferenças logarítmicas entre as estatísticas de ordem devem ser distribuídas exponencialmente com taxa γ . Hill (1975) sugeriu escolher a fração amostral ótima como o valor mínimo de k tal que a distribuição empírica das diferenças logarítmicas $\{\ln x_{n,i} - \ln x_{n,k+1}, i = 1, \dots, k\}$ não falhem em um teste de hipóteses de igualdade de distribuições considerando a distribuição exponencial como hipótese nula.

Adicionalmente, diversos autores investigaram procedimentos alternativos para a escolha ótima de k através da minimização do erro quadrático médio assintótico (EQMA) de $\gamma_n(k)$,

$$k_0 = \underset{k}{\operatorname{argmin}} \operatorname{EQMA}(n, k) = \underset{k}{\operatorname{argmin}} E[(\gamma_n(k) - \gamma)^2] \quad (2.12)$$

onde k_0 é o valor que equilibra a variância e o viés assintóticos de $E[(\gamma_n(k) - \gamma)^2]$.

Conforme mostrado por Gomes e Pestana (2007a), sob certas condições de regularidade, o EQMA (n, k) pode ser escrito como

$$\operatorname{EQMA}(n, k) = \gamma^2 \left(\frac{1}{k} + \frac{\beta^2}{(1 - \rho)^2} \left(\frac{n}{k} \right)^{2\rho} \right) \quad (2.13)$$

onde (ρ, β) são parâmetros de segunda ordem.

Logo, pode-se derivar analiticamente o valor de k que minimiza o EQMA (n, k) como

$$k_0 = \underset{k}{\operatorname{argmin}} \operatorname{EQMA}(n, k) = \left\lfloor \left(\frac{(1 - \rho)^2 n^{-2\rho}}{-2\rho\beta^2} \right)^{1/(1-2\rho)} \right\rfloor \quad (2.14)$$

com $\lfloor x \rfloor$ denotando a parte inteira de x .

O valor do limiar é finalmente calculado como $u = x_{(n, k_0)}$, ou seja, a k_0 -ésima estatística de ordem de $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ em ordem decrescente.

3. MÉTODO INFERENCIAL

Podemos pensar em nosso método inferencial como um procedimento de duas etapas, pelo qual primeiro estimamos o parâmetro que representa o limiar e depois prosseguimos para a estimativa dos parâmetros dos componentes do modelo, condicionalmente ao valor do limiar fixado.

Existem diversos estimadores disponíveis na literatura para os parâmetros de segunda ordem (ρ, β) utilizados na seleção do limiar. Ver, por exemplo, os estimadores propostos por Hall e Welsh (1985), bem como os procedimentos baseados em *bootstrap* em Hall (1990).

Fraga Alves, Gomes e de Haan (2003) propuseram o seguinte estimador consistente para o parâmetro ρ .

$$\hat{\rho}_\tau(k) \equiv \hat{\rho}_n^{(\tau)}(k) = - \frac{3(T_n^{(\tau)}(k) - 1)}{T_n^{(\tau)}(k) - 3}; \tau \in R^+ \quad (3.1)$$

derivado da estatística

$$T_n^{(\tau)}(k) = \begin{cases} \frac{[M_n^{(1)}(k)]^\tau - [M_n^{(2)}(k)/2]^{\tau/2}}{[M_n^{(2)}(k)/2]^{\tau/2} - [M_n^{(3)}(k)/6]^{\tau/3}}; \tau > 0 \\ \frac{\ln[M_n^{(1)}(k)] - \frac{1}{2} \ln[M_n^{(2)}(k)/2]}{\frac{1}{2} \ln[M_n^{(2)}(k)/2] - \frac{1}{3} \ln[M_n^{(3)}(k)/6]}; \tau = 0 \end{cases} \quad (3.2)$$

onde $M_n^{(j)}(k)$ são os estimadores de momentos

$$M_n^{(j)}(k) = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (\ln x_{n,i} - \ln x_{n,k+1})^j; j \geq 1; [\gamma_n(k) \equiv M_n^{(1)}(k)]$$

Gomes e Pestana (2007b) sugeriram os valores $\kappa = \lfloor \lfloor n^{0.995} \rfloor, \lfloor n^{0.999} \rfloor \rfloor$ para calcular o parâmetro de ajuste τ^\square , definido como

$$\tau^\square = \underset{\tau}{\operatorname{argmin}} \sum_{k \in \kappa} (\hat{\rho}_\tau(k) - \chi_\tau)^2; \tau \in \{0, 1\} \quad (3.3)$$

em que $\chi_\tau = \operatorname{mediana} \{\hat{\rho}_\tau(k)\}_{k \in \kappa}$. Note-se que, embora o parâmetro τ possa assumir qualquer valor real não negativo ($\tau \in R^+$), por simplicidade, é restrito aqui ao conjunto $\{0, 1\}$.

O estimador final para o parâmetro “de forma” de segunda ordem ρ é dado por³

$$\hat{\rho} = \hat{\rho}_{\tau^\square}(\lfloor n^{0.999} \rfloor) \quad (3.4)$$

O parâmetro de “escala” de segunda ordem β , por sua vez, foi consistentemente estimado por Gomes e Martins (2002) como

$$\hat{\beta} = \left(\frac{k}{n} \right)^\beta \frac{d_\beta(k) D_0(k) - D_\beta(k)}{d_\beta(k) D_\beta(k) - D_{2\beta}(k)} \quad (3.5)$$

onde, para $\beta \leq 0$, $d_\beta(k) = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (i/k)^{-\beta}$ e $D_\beta(k) = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (i/k)^{-\beta} U_i$, com U_i sendo as diferenças logarítmicas escaladas $U_i = i(\ln X_{n,i} - \ln X_{n,k+1})$, para $1 \leq i \leq k < n$.

Com base em $(\hat{\beta}, \hat{\rho})$, somos capazes de encontrar a fração amostral ótima \hat{k}_0 usando a equação (2.14).

Tendo fixado o parâmetro do limiar, podemos prosseguir para a segunda etapa do nosso método inferencial, a estimação dos parâmetros dos componentes do modelo.

Sob a ótica dos modelos de mistura, a amostra pode ser vista como sendo uma amostra de *dados incompletos*. Formalmente, seja X novamente um vetor de variáveis aleatórias correspondentes a uma amostra observada $X = \{x_i; i = 1, \dots, n\}$.

3 Alternativamente, Gomes, Caeiro e Figueiredo (2004) aconselham a consideração do valor $k = \min(n - 1, \frac{2n}{\min})$ e um parâmetro de ajuste de $\tau=0$ para a região $\rho \in [-1, 0)$ e $\tau = 1$ para a região $\rho \in (-\infty, -1)$. Gomes e Pestana (2007a) decidiram pela escolha $k = \min(n - 1, \frac{2n^{0.995}}{\min})$.

Assume-se que cada um desses pontos da amostra se originou de um dos m componentes da mistura. Portanto, podemos definir uma nova variável aleatória $Z = (z_{ik} \in \{0,1\}, i = 1, \dots, n; k = 1, \dots, m)$ indicando para todas as observações da amostra de qual componente da mistura elas se originaram.

O vetor aleatório de *dados completos* é então definido como $C=(X,Z)$, ou seja, a informação da amostra observada e a informação adicional indicando para cada ponto da amostra o componente de mistura da qual se origina, $\{c_i\} = \{x_i, z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{im}\}$, onde $z_{ik}=1$ se a observação x_i vem do componente k e $z_{ik}=0$ caso contrário.

Consequentemente, a função de verossimilhança para a amostra de dados completos pode ser escrita como

$$L(\theta) = \prod_{i=1}^n \prod_{k=1}^m [\pi_k f_k(x_i | \theta_k)]^{z_{ik}} \tag{3.6}$$

A equação (3.6) mostra que a função de verossimilhança para o modelo de mistura de valores extremos pode ser separada pelas contribuições das observações abaixo do limiar (componente de densidade *kernel*) e daquelas acima do limiar (componente GPD).

$$L(\theta|u, X) = L_K(\lambda|u, X)L_{GPD}(\sigma, \xi|u, X) \tag{3.7}$$

onde o vetor de parâmetros é $\theta=(\lambda, \sigma, \xi)$.

A função de verossimilhança $L_{GPD}(\sigma, \xi|u, X)$ é obtida pela aplicação direta da função de verossimilhança sobre a função densidade da GPD descrita na equação (2.8)

$$L_{GPD}(\sigma, \xi|u, X) = \begin{cases} \phi_u^{|B|} \prod_B \frac{1}{\sigma} \left[1 + \xi \left(\frac{x_i - u}{\sigma}\right)\right]^{-1-\frac{1}{\xi}}; \xi \neq 0 \\ \phi_u^{|B|} \prod_B \frac{1}{\sigma} e^{-\frac{(x_i - u)}{\sigma}}; \xi = 0 \end{cases} \tag{3.8}$$

onde $B = \{i: x_i > u\}$.

A função de verossimilhança associada ao componente *kernel* não-paramétrico $L_K(\lambda|u, X)$, por outro lado, é menos intuitiva, uma vez que a estimação do parâmetro de largura de banda λ não é tão direta quanto no caso dos parâmetros da GPD.

De forma direta, a função de verossimilhança para a densidade *kernel* pode ser escrita como o produto

$$\prod_{i=1}^n n^{-1} \sum_{j=1}^n K_\lambda(x_i - x_j)$$

Pode-se mostrar, no entanto, que esta função de verossimilhança é degenerada à medida que $\lambda \rightarrow 0$, pois cada termo da soma no produto da verossimilhança acima é infinito no limite $\lambda \rightarrow 0$, já que o termo $(x_i - x_j)$ se torna zero quando $i=j$.

Para evitar essa degeneração, é prática comum substituir a função de verossimilhança pela função de validação cruzada de verossimilhança

$$L(\lambda|u, X) = \prod_{i=1}^n \frac{1}{(n-1)} \sum_{j=1, j \neq i}^n K_\lambda(x_i - x_j) \tag{3.9}$$

Bowman (1984) mostra que maximizar (3.9) é equivalente a minimizar a distância de Kullback-Leibler entre a densidade *kernel* estimada e a verdadeira função densidade subjacente.

Vale ressaltar que o estimador de largura de banda descrito na equação (3.9) tem despertado pouco interesse na literatura, uma vez que é extremamente afetado pelo comportamento da cauda da função densidade subjacente $f(x)$. Esse método inferencial funciona bem para distribuições de cauda leve, mas suaviza excessivamente distribuições de cauda pesada, resultando em estimativas de densidade *kernel* inconsistentes (Schuster e Gregory, 1981). Na verdade, a inferência baseada na função de validação cruzada de verossimilhança tenderá a fornecer parâmetros de suavização que são muito grandes não apenas para distribuições de cauda pesada, mas também em situações em que observações atípicas (*outliers*) estão presentes (Scott e Factor, 1981). No modelo de mistura de valores extremos proposto, a cauda direita da distribuição de severidade é capturada pelo componente de valores extremos (GPD), de modo que tal inconsistência do estimador é evitada.

Por fim, observe que, uma vez que todas as n observações da amostra são usadas como centros *kernel* e apenas aquelas abaixo do limiar no conjunto $A = \{i: x_i \leq u\}$ contribuem para a função de verossimilhança, a densidade *kernel* precisa ser reescalada para se obter a contribuição apropriada para a verossimilhança, resultando na seguinte expressão

$$L_K(\lambda|u, X) = \left[\frac{(1 - \phi_u)}{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \int_{-\infty}^u K_\lambda(z - x_j) dz} \right]^{|A|} \prod_A \frac{1}{(n-1)} \sum_{j=1, j \neq i}^n K_\lambda(x_i - x_j) \tag{3.10}$$

Finalmente, aplicamos o método da máxima verossimilhança para estimar o vetor de parâmetros $\hat{\theta} = (\hat{\lambda}, \hat{\sigma}, \hat{\xi})$. O método da máxima verossimilhança escolhe o vetor $\hat{\theta}_{MLE}$ no espaço de parâmetros como aquele que maximiza o logaritmo da função de verossimilhança descrita na equação (3.7)

$$\hat{\theta}_{MLE} = \underset{\theta}{\operatorname{argmax}} \ln L(\theta|u, X) \tag{3.11}$$

Para tamanhos de amostra grandes e sob certas condições de regularidade, os estimadores de máxima verossimilhança são consistentes e seguem distribuição Normal assintótica

$$\sqrt{n} \tag{3.12}$$

onde $\Sigma_0 = I^{(-1)}$ e I é a matriz de informação de Fisher dada por

$$I_{ij} = E \left[\frac{-\partial^2 \ln L(\theta|u, X)}{\partial \theta_i \partial \theta_j} \right]$$

4. APLICAÇÕES A DADOS DE SEGUROS

4.1. CONJUNTOS DE DADOS

Como forma de avaliar a capacidade do modelo de mistura de valores extremos proposto para descrever a severidade de sinistros no âmbito dos seguros não-vida, também denominados seguros elementares, aplicamos o referido modelo a três conjuntos de dados amplamente estudados na literatura atuarial.

4.1.1. SEGURO CONTRA INCÊNDIO - DINAMARCA

O conjunto de dados consiste em 2,492 observações de sinistros registrados pela Companhia de Resseguros de Copenhague, em milhões de coroas dinamarquesas (DKK), ajustadas pela inflação para refletir os valores de 1985. Os sinistros ocorreram em Copenhague entre 1980 e 1990, incluindo ambos os anos. As perdas compreendem danos a edifícios, móveis, propriedades pessoais e lucros cessantes.

4.1.2. SEGURO DE AUTOMÓVEIS - EUA

O conjunto de dados consiste em 6,773 observações de sinistros, em dólares americanos (USD), pagos por uma grande companhia de seguros do meio oeste estadunidense para liquidar e encerrar sinistros de apólices de seguros de automóveis de passageiros privados. Os sinistros liquidados sem pagamento não estão incluídos.

4.1.3. SEGURO CONTRA INCÊNDIO - FRANÇA

O conjunto de dados contém 9,613 registros de sinistros ocorridos no período entre 1982 e 1996, agrupados pela federação francesa de seguradoras. Todos os sinistros estão relacionados a perdas comerciais por incêndios ocorridos na França. Os valores relatados estão expressos em milhões de francos franceses (FFR), ajustados pela inflação para refletir os valores em euros de 2007 (EUR).

4.2. ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS

As estatísticas descritivas derivadas para cada conjunto de dados analisados são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Estatísticas descritivas

	Incêndio - Dinamarca	Automóvel - EUA	Incêndio - França
Número de Obs.	2,492	6,773	9,613
Média	3.06	1,853.03	1.98
Mediana	1.63	1,001.70	0.76
Desvio-padrão	7.97	2,646.91	6.46
Assimetria	19.88	6.23	25.56
Curtose	549.13	87.25	985.20
Mínimo	0.31	9.50	0.19
Máximo	263.25	60,000.00	315.54
Quantil 25%	1.15	523.73	0.41
Quantil 75%	2.64	2,137.40	1.75

As estatísticas acima mostram que as distribuições empíricas de severidade são assimétricas positivamente com coeficientes de excesso de curtose (leptocurtose) elevados, indicando que essas distribuições têm cauda direita bastante

pesada. A assimetria e a espessura da cauda também podem ser inferidas a partir da distância entre os quartis e os valores máximo/mínimo. Em todos os três casos, tanto o primeiro quartil (quantil 25%) quanto o segundo quartil (mediana) estão relativamente próximos do valor mínimo, mas o terceiro quartil (quantil 75%) está muito distante do valor máximo da amostra.

A análise visual das distribuições empíricas, por meio de histogramas⁴, também revela uma característica típica das distribuições de severidade de sinistros em seguros não-vida, que é o grande número de sinistros menos severos em torno de uma moda única e o menor número de sinistros de alta severidade (extremos) muito distantes do corpo da distribuição, resultando em uma distribuição unimodal em forma de corcova.

Todas essas características são fatos estilizados bem conhecidos das distribuições empíricas de severidade de sinistros. Elas também indicam que a mistura de valores extremos proposta é um modelo adequado para descrever os dados analisados.

4.3. RESULTADOS

Vários modelos paramétricos para severidade comumente utilizados na prática atuarial foram considerados para compor o conjunto de distribuições testadas e, assim, avaliarmos o desempenho relativo do modelo de mistura de valores extremos proposto, incluindo as distribuições Log-normal, Gamma, Weibull, Pareto Tipo I, Gaussiana Inversa (Wald), Gama Inversa (Vinci) e Burr Tipo XII (Singh-Maddala).

Além disso, também consideramos outros modelos que apresentam alto grau de flexibilidade empregados na literatura, como a distribuição Lambda Generalizada (Ramberg e Schmeiser, 1974) e misturas finitas de distribuições Gamma. A classe de misturas Gamma é mais geral do que misturas Erlang (Reynkens *et al.*, 2017), pois o parâmetro de forma da distribuição Gamma não é restrito a ser um número inteiro. Elas também são muito mais flexíveis, uma vez que todas as distribuições no domínio contínuo positivo podem ser aproximadas por uma mistura Gamma com um número suficiente de componentes.⁵

Para comparar o desempenho do nosso modelo com os outros modelos de severidade considerados, nos valem os critérios de seleção. O *critério de informação de Akaike (AIC)* e o *critério de informação Bayesiano (BIC)* são os critérios de informação mais populares utilizados na literatura atuarial para determinar o melhor modelo entre um conjunto de candidatos concorrentes. Ambos os critérios lidam com o equilíbrio entre a qualidade do ajuste e a complexidade do modelo. Na prática, devemos escolher o modelo que minimiza os valores de *AIC* e *BIC*.

Formalmente, o *AIC* é definido como duas vezes o negativo da função de log-verossimilhança mais um termo de penalidade, que é igual a duas vezes o número de parâmetros livres no modelo

$$AIC = -2l(\theta) + 2k \quad (4.1)$$

onde $l(\theta) = \ln L(\theta)$ e k é o comprimento do vetor de parâmetros θ .

⁴ As figuras foram suprimidas por questões de espaço, mas estão disponíveis para visualização no repositório GitHub desse trabalho (https://github.com/abgpja/mist_val_ext_atu). Nesse repositório, também estão disponíveis os códigos implementados em linguagem R.

⁵ O número de componentes Gamma foi determinado pela estatística BIC. Mais precisamente, adicionamos componentes até que o valor do BIC fosse minimizado. Os parâmetros foram estimados através do algoritmo de expectativa-maximização (EM).

Semelhante ao *AIC*, o critério de seleção *BIC* ajusta o negativo da log-verossimilhança adicionando um termo de penalidade que consiste no logaritmo natural do número de observações na amostra (n) vezes o número de parâmetros livres no modelo

$$BIC = -2l(\theta) + k \ln(n) \quad (4.2)$$

O critério *BIC* é frequentemente preferido na literatura, pois dá mais peso ao número de parâmetros no termo de penalidade.⁶ Ou seja, *ceteris paribus*, o *BIC* indicará pela escolha de um modelo mais parcimonioso do que o *AIC*.

É também recomendável o uso das diferenças *AIC* e *BIC*, definidas como $\Delta_{(AIC_i)} = AIC_i - AIC_{\min}$ e $\Delta_{(BIC_i)} = BIC_i - BIC_{\min}$, respectivamente, onde $i=1, \dots, M$ representa os critérios de informação de todos os M modelos em consideração. Essas diferenças estimam a distância relativa de Kullback-Leibler entre os modelos analisados, permitindo uma interpretação mais significativa dos critérios *AIC/BIC*. Mais especificamente, ao tomar as diferenças, o melhor modelo terá $\Delta_{AIC_{\square}} = 0$ e $\Delta_{BIC_{\square}} = 0$, enquanto o restante dos modelos terá valores positivos para $\Delta_{AIC_{\square}}$ e $\Delta_{BIC_{\square}}$, representando a quantidade de informação perdida (distância relativa Kullback-Leibler estimada) se tivéssemos escolhido tal modelo para inferência ao invés do modelo com menor *AIC/BIC*.

Embora não possa ser usado como um critério de seleção de modelos, é também muito comum na literatura atuarial reportar o valor negativo da função de log-verossimilhança (*NLL*). Seja $l(\theta)$ a função log-verossimilhança para um dado modelo, então o *NLL* é definido como

$$NLL = -l(\theta) \quad (4.3)$$

A função log-verossimilhança aumenta monotonamente à medida que aumentamos o número de parâmetros livres no modelo. Portanto, como nenhum ajuste de penalidade é feito para levar em conta a complexidade do modelo, essa medida é adequada apenas para comparar modelos com o mesmo número de parâmetros.

Finalmente, embora os critérios *AIC* e *BIC* possam ser usados para classificar modelos, pode acontecer que todos os modelos comparados tenham um ajuste ruim aos dados. Para considerar essa possibilidade, também consideramos o teste de hipóteses de Kolmogorov-Smirnov (K-S) para avaliar a qualidade do ajuste de cada modelo analisado.

Esse teste de hipótese avalia a qualidade do ajuste calculando a distância entre a função de distribuição assumida sob a hipótese nula e a função de distribuição empírica extraída a partir dos dados.

A estatística do teste de hipóteses K-S é definida como

$$D = \max_x |F_n^*(x) - F(x)| \quad (4.4)$$

onde $F_n^*(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_{(-\infty, x)}(x_i)$ é a função de distribuição empírica para n obser-

vações independentes e identicamente distribuídas, e $F(x)$ é a distribuição especificada na hipótese nula.

Para fins computacionais, a fórmula a seguir é mais conveniente

$$D = \max_{1 \leq j \leq n} \left\{ \left| F(x_{n,j}) - \frac{j-1}{n} \right|, \left| F(x_{n,j}) - \frac{j}{n} \right| \right\} \quad (4.5)$$

onde $x_{n,1} < \dots < x_{n,n}$ denotam as estatísticas de ordem do vetor de amostras $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$.

Se o modelo é completamente especificado na hipótese nula, os valores críticos são conhecidos. Por exemplo, para o nível de confiança $\epsilon=0.10$, o valor crítico é $1.22/\sqrt{n}$, para $\epsilon=0.05$, $1.36/\sqrt{n}$ e para $\epsilon=0.01$, $1.63/\sqrt{n}$. Se a estatística do teste K-S permanecer abaixo desses valores críticos, considerando o nível de confiança escolhido, não podemos rejeitar a hipótese de que a distribuição empírica é idêntica à distribuição especificada na hipótese nula.

No entanto, quando os parâmetros da distribuição considerada na hipótese nula são estimados a partir dos dados, a estatística do teste K-S tende a ser menor do que seria se os valores dos parâmetros tivessem sido pré-especificados. Isso ocorre porque o método de estimação tenta escolher valores de parâmetros que produzem uma distribuição próxima aos dados observados. Como a rejeição da hipótese nula ocorre para valores elevados da estatística, essa aproximação tende a aumentar a probabilidade de um erro do tipo II, enquanto diminui a probabilidade de um erro do tipo I (Babu e Rao, 2004).

Nesse caso, as estatísticas do teste de Kolmogorov-Smirnov são úteis para classificar modelos, mas são pouco confiáveis para testar hipóteses de igualdade de distribuições, uma vez que os p-valores resultantes serão imprecisos. Para obter p-valores corrigidos, empregamos o método de *bootstrap* descrito por Babu e Rao (2004). Os passos do procedimento de *bootstrap* utilizado são os seguintes:

- (1) Calcule a estatística do teste de Kolmogorov-Smirnov.
- (2) Simule R conjuntos de dados reamostrados por simulação *bootstrap* do modelo ajustado, denotados por $\{x_1^{(i)}, \dots, x_n^{(i)}\}$, $i = 1, \dots, R$. Note que cada conjunto reamostrado tem o mesmo número de observações da amostra original.
- (3) Para cada conjunto de dados reamostrados $\{x_1^{(i)}, \dots, x_n^{(i)}\}$, ajuste o modelo aos dados e calcule a estatística do teste K-S, D_i , $i=1, \dots, R$.
- (4) O p-valor corrigido associado com a estatística original do teste será finalmente dado por

$$\frac{\#\{i: D_i \geq D\}}{R}$$

Nesse trabalho, os p-valores obtidos através do método de *bootstrap* descrito foram calculados utilizando $R = 10,000$ simulações.

As Tabelas 2, 3 e 4 fornecem estimativas de máxima verossimilhança para os parâmetros dos modelos considerados para os três conjuntos de dados analisados. As métricas descritas nessa seção para avaliação da qualidade do ajuste são apresentadas, compreendendo as estatísticas *NLL*, *AIC*, *BIC*, Δ_{AIC} e Δ_{BIC} avaliadas sobre as estimativas de máxima verossimilhança, bem como a estatística do

⁶ Note que quando $n \geq 8$, temos $\ln(n) > 2$.

teste K-S. Os p-valores corrigidos para o teste K-S são fornecidos entre parênteses. Em negrito, destacamos o modelo com os menores valores de *AIC* e *BIC*.

Tabela 2: Resultados – Seguro contra incêndio - Dinamarca

Distribuição	Parâmetros	NLL	AIC	BIC	Δ_{AIC}	Δ_{BIC}	K-S
Log-normal	$\hat{\mu} = 0.672; \hat{\sigma} = 0.732$	4,433.89	8,871.78	8,883.42	1,266.09	1,260.27	0.127 (0.0000)
Gamma	$\hat{\alpha} = 1.258; \hat{\beta} = 2.434$	5,243.03	10,490.05	10,501.69	2,884.36	2,878.54	0.201 (0.0000)
Weibull	$\hat{\alpha} = 0.948; \hat{\beta} = 2.952$	5,270.47	10,544.94	10,556.58	2,939.25	2,933.43	0.255 (0.0000)
Pareto	$\hat{\theta} = 0.313; \hat{\alpha} = 0.546$	5,675.09	11,354.18	11,365.83	3,748.50	3,742.68	0.408 (0.0000)
Gaussiana Inversa	$\hat{\mu} = 3.063; \hat{\lambda} = 3.417$	4,516.31	9,036.61	9,048.25	1,430.92	1,425.10	0.172 (0.0000)
Gamma Inversa	$\hat{\alpha} = 2.753; \hat{\beta} = 4.447$	4,097.88	8,199.75	8,211.40	594.07	588.25	0.087 (0.0000)
Burr Tipo XII	$\hat{\lambda} = 14.928; \hat{k} = 0.088; \hat{\alpha} = 0.921$	3,835.12	7,676.24	7,693.70	70.55	70.55	0.038 (0.0000)
Lambda Generalizada	$\hat{\lambda}_1 = 0.975; \hat{\lambda}_2 = -0.949$ $\hat{\lambda}_3 = -0.031; \hat{\lambda}_4 = -0.695$	3,813.85	7,635.70	7,658.99	30.01	35.84	0.020 (0.0929)
Mistura de Gammas	$\hat{\alpha}_1 = 11.616; \hat{\beta}_1 = 15.937; \hat{\alpha}_2 = 1.590$ $\hat{\beta}_2 = 7.626; \hat{\alpha}_3 = 17.827; \hat{\beta}_3 = 0.085$ $\hat{\alpha}_4 = 106.840; \hat{\beta}_4 = 0.009; \hat{\alpha}_5 = 5.222$ $\hat{\beta}_5 = 0.609; \hat{\pi}_1 = 0.001; \hat{\pi}_2 = 0.088$ $\hat{\pi}_3 = 0.441; \hat{\pi}_4 = 0.181; \hat{\pi}_5 = 0.289$	3,803.70	7,635.40	7,716.89	29.71	93.74	0.015 (0.6010)
Mistura de Valores Extremos	$u = 2.456; \hat{\lambda} = 0.038$ $\hat{\sigma} = 1.868; \hat{\xi} = 0.659$	3,799.84	7,605.69	7,623.15	-	-	0.007 (0.9998)

Tabela 3: Resultados – Seguro de automóvel - EUA

Distribuição	Parâmetros	NLL	AIC	BIC	Δ_{AIC}	Δ_{BIC}	K-S
Log-normal	$\hat{\mu} = 6.956; \hat{\sigma} = 1.071$	57,185.11	114,374.21	114,387.85	89.58	82.76	0.021 (0.0177)
Gamma	$\hat{\alpha} = 1.013; \hat{\beta} = 1,829.303$	57,736.62	115,477.24	115,490.88	1,192.61	1,185.79	0.096 (0.0000)
Weibull	$\hat{\alpha} = 0.938; \hat{\beta} = 1,789.272$	57,707.94	115,419.88	115,433.52	1,135.25	1,128.43	0.078 (0.0000)
Pareto	$\hat{\theta} = 0.186; \hat{\alpha} = 0.624$	64,371.21	128,746.42	128,760.07	14,461.79	14,454.98	0.429 (0.0000)
Gaussiana Inversa	$\hat{\mu} = 1,852.336; \hat{\lambda} = 802.422$	57,629.71	115,263.41	115,277.05	978.78	971.96	0.077 (0.0000)
Gamma Inversa	$\hat{\alpha} = 0.928; \hat{\beta} = 519.347$	58,124.31	116,252.62	116,266.26	1,967.99	1,961.17	0.098 (0.0000)
Burr Tipo XII	$\hat{\lambda} = 1.669; \hat{k} = 0.984; \hat{\alpha} = 1,028.893$	57,178.08	114,362.16	114,382.62	77.53	77.53	0.019 (0.0636)
Lambda Generalizada	$\hat{\lambda}_1 = 9.500; \hat{\lambda}_2 = -0.000153$ $\hat{\lambda}_3 = 0; \hat{\lambda}_4 = -0.218$	57,455.38	114,918.76	114,946.04	634.13	640.95	0.080 (0.0000)
Mistura de Gammas	$\hat{\alpha}_1 = 2.286; \hat{\beta}_1 = 369.100; \hat{\alpha}_2 = 17.748$ $\hat{\beta}_2 = 140.532; \hat{\alpha}_3 = 127.264; \hat{\beta}_3 = 31.461$ $\hat{\alpha}_4 = 1.003; \hat{\beta}_4 = 3,800.170; \hat{\pi}_1 = 0.630$ $\hat{\pi}_2 = 0.070; \hat{\pi}_3 = 0.018; \hat{\pi}_4 = 0.282$	57,132.99	114,287.99	114,363.02	3.36	57.92	0.009 (0.6738)
Mistura de Valores Extremos	$u = 6,750.860; \hat{\lambda} = 31.500$ $\hat{\sigma} = 3,049.99; \hat{\xi} = 0.245$	57,139.32	114,284.63	114,305.09	-	-	0.005 (0.9984)

Tabela 4: Resultados – Seguro contra incêndio - França

Distribuição	Parâmetros	NLL	AIC	BIC	Δ_{AIC}	Δ_{BIC}	K-S
Log-normal	$\hat{\mu} = -0.078; \hat{\sigma} = 1.041$	13,279.16	26,562.32	26,576.67	2,259.99	2,252.82	0.076 (0.0000)
Gamma	$\hat{\alpha} = 0.782; \hat{\beta} = 2.534$	15,974.34	31,952.68	31,967.02	7,650.35	7,643.18	0.160 (0.0000)
Weibull	$\hat{\alpha} = 0.788; \hat{\beta} = 1.616$	15,376.87	30,757.74	30,772.09	6,455.41	6,448.24	0.171 (0.0000)
Pareto	$\hat{\theta} = 0.186; \hat{\alpha} = 0.624$	13,398.35	26,800.71	26,815.05	2,498.38	2,491.20	0.147 (0.0000)
Gaussiana Inversa	$\hat{\mu} = 1.981; \hat{\lambda} = 0.897$	13,036.95	26,077.91	26,092.25	1,775.57	1,768.40	0.085 (0.0000)
Gamma Inversa	$\hat{\alpha} = 1.381; \hat{\beta} = 0.853$	12,466.65	24,937.31	24,951.65	634.97	627.80	0.043 (0.0000)
Burr Tipo XII	$\hat{\lambda} = 5.436; \hat{k} = 0.157; \hat{\alpha} = 0.299$	12,505.65	25,017.31	25,038.82	714.98	714.98	0.057 (0.0000)
Lambda Generalizada	$\hat{\lambda}_1 = 0.186; \hat{\lambda}_2 = -0.894$ $\hat{\lambda}_3 = 0; \hat{\lambda}_4 = -0.627$	12,231.41	24,470.83	24,499.51	168.49	175.66	0.031 (0.0000)
Mistura de Gammas	$\hat{\alpha}_1 = 18.915; \hat{\beta}_1 = 12.537; \hat{\alpha}_2 = 32.813$ $\hat{\beta}_2 = 0.008; \hat{\alpha}_3 = 2.460; \hat{\beta}_3 = 1.220;$ $\hat{\alpha}_4 = 12.160; \hat{\beta}_4 = 0.037; \hat{\alpha}_5 = 4.775$ $\hat{\beta}_5 = 0.216; \hat{\alpha}_6 = 1.282; \hat{\beta}_6 = 10.440$ $\hat{\pi}_1 = 0.001; \hat{\pi}_2 = 0.117; \hat{\pi}_3 = 0.241$ $\hat{\pi}_4 = 0.269; \hat{\pi}_5 = 0.323; \hat{\pi}_6 = 0.050$	12,212.51	24,459.02	24,580.92	156.69	257.08	0.008 (0.5339)
Mistura de Valores Extremos	$u = 8.593; \hat{\lambda} = 0.014$ $\hat{\sigma} = 6.595; \hat{\xi} = 0.516$	12,148.17	24,302.33	24,323.85	-	-	0.003 (0.9998)

Nossos resultados sugerem que a mistura de valores extremos proposta foi capaz de proporcionar um ajuste superior aos dados em comparação às distribuições clássicas de severidade e outros modelos flexíveis propostos na literatura. Pode-se observar que o modelo consistentemente superou as outras distribuições analisadas nas diversas medidas de qualidade de ajuste (*NLL*, *AIC*, *BIC* e *K-S*) consideradas. As estatísticas Δ_{AIC} e Δ_{BIC} também indicam que os modelos concorrentes estão bastante distantes no sentido da distância relativa de Kullback-Leibler em relação à mistura de valores extremos proposta, significando que uma quantidade significativa de informação é perdida ao lidar com esses modelos ao invés do modelo proposto.

Para investigar melhor o ajuste na cauda superior, as Figuras 1, 2 e 3 ilustram os gráficos quanti-quantil para o componente de cauda GPD. Como de costume, os quantis teóricos estimados $\hat{Q}(\cdot)$ são plotados no eixo *x* contra as observações ordenadas no eixo *y*. Aqui, $\hat{Q}(p_k)$ é o *k*-ésimo quantil estimado a partir do modelo ajustado e $p_k = \frac{(k-0.5)}{n}; k = 1, 2, 3, \dots, n$.

Figura 1: Gráfico quanti-quantil – Seguro contra incêndio – Dinamarca

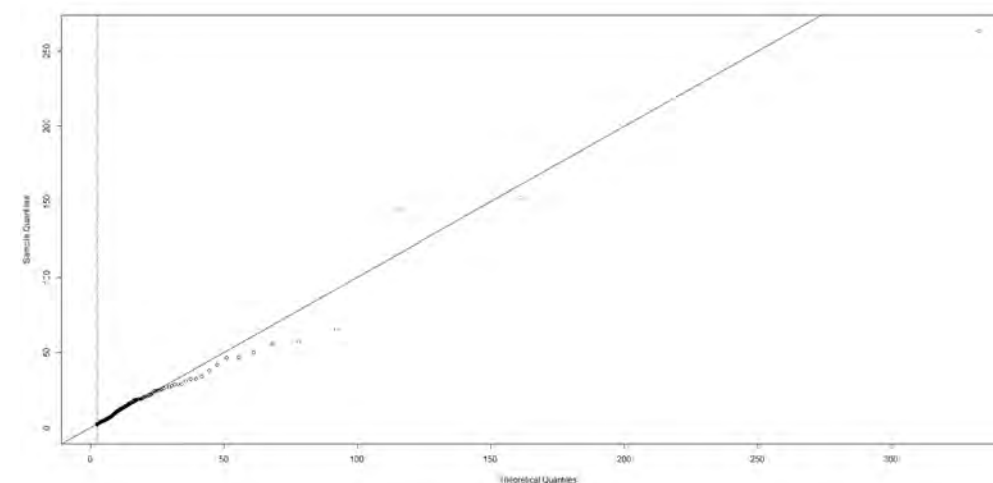


Figura 2: Gráfico quantil-quantil – Seguro de automóvel - EUA

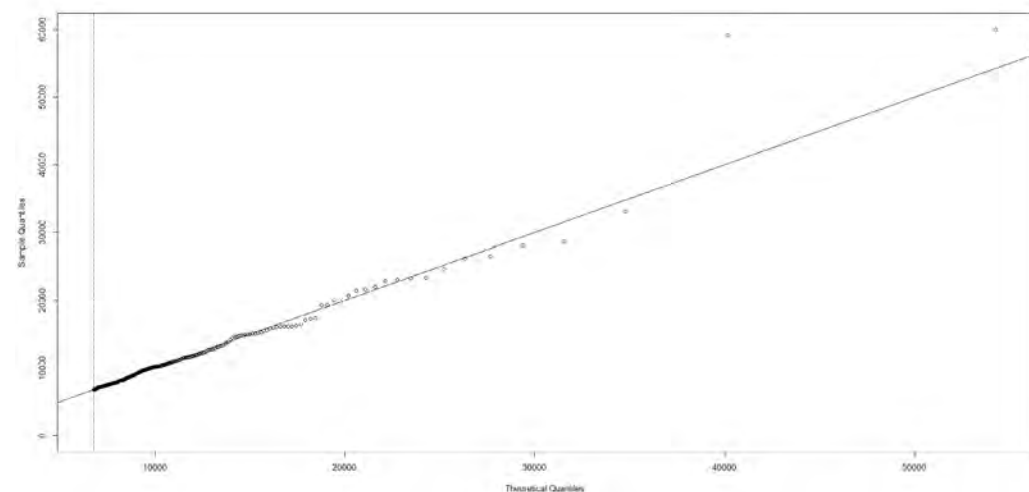
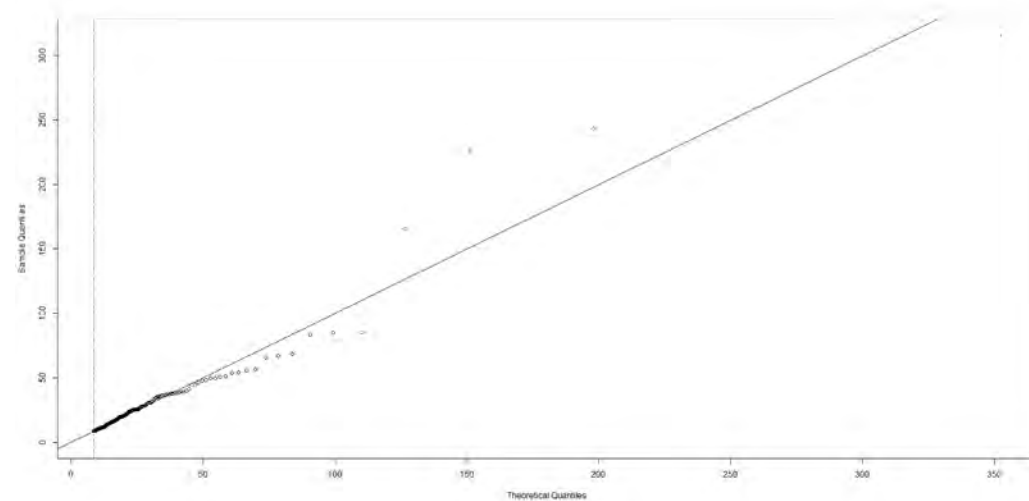


Figura 3: Gráfico quantil-quantil – Seguro contra incêndio – França



Como se pode ver, todos os pontos de amostra estão razoavelmente próximos das linhas diagonais nas três figuras, sugerindo que o modelo foi capaz de capturar satisfatoriamente o comportamento das observações mais extremas através do seu componente de valores extremos.

Por fim, como já mencionado, é de vital importância para os profissionais da indústria de seguros obter informações confiáveis no que tange à área da cauda direita da distribuição de severidade (onde estão localizados os sinistros de maior severidade). Uma medida que fornece informações valiosas sobre essa região de uma distribuição são os quantis elevados. Quantis empíricos e ajustados na porção extrema das caudas para os modelos ajustados são apresentados nas Tabelas 4, 5 e 6.

Os quantis empíricos foram calculados utilizando o algoritmo de quantil Tipo 8 sugerido por Hyndman e Fan (1996), onde $p_k = \frac{k-1/3}{n+1/3}$, para $k = 1, 2, 3, \dots, n$. Os quantis estimados utilizando este algoritmo são aproximadamente não tendenciosos em relação à mediana.

Tabela 5: Quantis elevados – Seguro contra incêndio - Dinamarca

Distribuição	90%	95%	97.5%	99%	99.5%	99.9%	99.95%	99.99%
Empírico	5.08	8.46	14.50	24.87	32.81	146.01	199.02	263.25
Log-normal	5.00	6.53	8.22	10.76	12.91	18.82	21.79	29.82
Gamma	6.66	8.47	10.25	12.59	14.35	18.41	20.14	24.17
Weibull	7.12	9.40	11.71	14.79	17.15	22.70	25.11	30.75
Pareto	21.29	75.81	269.94	1,446.57	5,150.64	9.83×10^3	3.50×10^5	6.68×10^6
Gaussiana Inversa	6.44	8.66	11.06	14.46	17.18	23.84	26.84	34.01
Gamma Inversa	4.66	6.41	8.63	12.55	16.51	30.60	39.71	72.20
Burr Tipo XII	5.34	9.07	15.40	30.99	52.61	179.78	305.19	1,042.93
Lambda Generalizada	5.14	8.37	13.59	25.77	41.76	127.95	207.17	634.05
Mistura de Gammas	4.94	8.71	15.81	24.92	32.28	135.36	192.30	264.78
Mistura de Valores Extremos	5.17	8.39	13.47	24.95	39.63	115.22	182.19	527.20

Tabela 6: Quantis elevados – Seguro de automóvel – EUA

Distribuição	90%	95%	97.5%	99%	99.5%	99.9%	99.95%	99.99%
Empírico	4,171.19	6,356.90	8,725.65	12,087.85	15,449.25	25,983.84	29,865.81	59,990.55
Log-normal	4,138.52	6,106.89	8,558.16	12,670.36	16,551.03	28,713.00	35,582.57	56,303.04
Gamma	4,253.23	5,525.98	6,797.89	8,478.41	9,749.21	12,698.84	13,968.82	16,917.07
Weibull	4,353.43	5,763.32	7,195.13	9,115.03	10,584.61	14,043.90	15,551.09	19,084.65
Pareto	4.81×10^5	1.25×10^7	3.27×10^8	2.43×10^{10}	6.35×10^{11}	1.23×10^{15}	3.21×10^{16}	6.24×10^{19}
Gaussiana Inversa	4,423.25	6,822.91	9,678.87	14,035.48	17,689.45	27,069.84	31,408.17	41,988.57
Gamma Inversa	6,138.14	13,263.88	28,303.45	76,455.62	1.62×10^5	9.18×10^5	1.94×10^6	1.09×10^7
Burr Tipo XII	3,935.27	6,193.69	9,588.76	16,899.22	25,847.08	69,027.27	1.05×10^5	2.81×10^5
Lambda Generalizada	4,284.65	6,052.48	8,109.15	11,352.45	14,275.07	23,037.13	27,868.90	42,354.59
Mistura de Gammas	4,184.25	6,583.52	9,220.61	12,705.78	15,341.77	21,461.45	24,096.78	30,215.42
Mistura de Valores Extremos	4,175.02	6,357.81	8,704.59	12,329.28	15,665.63	25,990.18	31,854.27	50,001.09

Tabela 7: Quantis elevados – Seguro contra incêndio – França

Distribuição	90%	95%	97.5%	99%	99.5%	99.9%	99.95%	99.99%
Empírico	3.91	6.63	10.40	20.05	30.63	65.48	85.40	294.22
Log-normal	3.51	5.13	7.12	10.42	13.52	23.09	28.45	44.44
Gamma	4.84	6.48	8.14	10.35	12.04	15.98	17.69	21.67
Weibull	4.65	6.50	8.46	11.21	13.40	18.76	21.18	27.02
Pareto	7.46	22.67	68.85	299.04	908.31	1.20×10^4	3.64×10^4	4.80×10^5
Gaussiana Inversa	4.71	7.22	10.18	14.68	18.44	28.08	32.54	43.38
Gamma Inversa	3.52	6.07	10.27	20.28	33.74	109.01	180.31	579.09
Burr Tipo XII	4.43	9.97	22.46	65.69	147.93	974.23	2,193.89	1.44×10^4
Lambda Generalizada	3.81	6.39	10.37	19.16	30.10	84.22	130.60	360.04
Mistura de Gammas	3.99	6.26	10.77	21.59	30.01	52.88	74.05	273.19
Mistura de Valores Extremos	3.91	6.63	10.53	19.43	29.59	73.30	106.62	250.04

O leitor pode observar que as distribuições Log-normal, Gamma, Weibull e Gaussiana Inversa subestimam os quantis na porção extrema da cauda, enquanto as distribuições Burr Tipo XII e Pareto Tipo I superestimam esses quantis. A única exceção é o ajuste fornecido pela distribuição Log-normal para os dados de seguros de automóvel estadunidense. Isso pode ser explicado pelo fato de que os dados de sinistros nos ramos de automóveis são, em geral, mais homogêneos e com cauda menos pesada do que outros tipos de sinistros de seguros elementares não-massificados⁷, tornando a Log-normal um modelo razoável para descrever esse tipo de dados.

Já a distribuição Gamma Inversa falhou em fornecer estimativas precisas para os quantis elevados, subestimando significativamente tais quantis para os

⁷ De fato, o coeficiente de excesso de curtose dos dados de seguro automóvel dos EUA é apenas 87.25, um valor não tão alto quando comparado aos coeficientes de excesso de curtose dos dados de seguro contra incêndio da Dinamarca (549.13) e dos dados de seguros contra incêndio da França (985.20).

dados de seguros contra incêndio da Dinamarca, enquanto os superestimou para os conjuntos de dados de seguros de automóvel dos EUA e seguros contra incêndio da França.

No geral, as únicas distribuições capazes de fornecer estimativas adequadas para os quantis elevados foram a Lambda Generalizada, a mistura de Gammas e a mistura de valores extremos proposta. Esses modelos foram capazes de aproximar bem a porção extrema das caudas, sendo que a mistura de Gammas se destacou no caso do conjunto de dados de seguros contra incêndio da Dinamarca, principalmente considerando a diferença observada entre o quantil teórico e o quantil empírico com probabilidade 99.99%.

Ressalte-se, no entanto, que o quantil 99.99% representa um evento que ocorre apenas 1 vez a cada 10,000 vezes. Em uma amostra de 2,492 observações, como a que está sendo analisada, é bastante provável que não tenhamos observado um evento dessa magnitude. As misturas de Gammas (ou qualquer outro tipo de mistura finita onde os componentes são distribuições paramétricas padrão) podem cobrir adequadamente o intervalo dos dados, aproximando-se muito dos quantis empíricos, mas não são projetadas para lidar com extrapolações em direção às caudas, onde há pouco ou nenhum dado disponível. As misturas de valores extremos, por outro lado, são pensadas exatamente para esse fim e tendem a fornecer descrições muito mais confiáveis dessa região das caudas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo, investigamos o desempenho de um modelo de mistura de valores extremos simples e flexível aplicado a dados de severidade de sinistros no âmbito dos seguros não-vida. Esse modelo permite que a parte central da distribuição de severidade (observações abaixo de um determinado limiar) seja descrita por um estimador de densidade *kernel* não-paramétrico, enquanto se assume que os excessos acima do referido limiar seguem uma *distribuição generalizada de Pareto* (GPD).

O modelo é extremamente flexível devido ao seu componente não-paramétrico, evitando a necessidade de impor uma forma funcional à parte central da distribuição de severidade, como nos modelos de mistura de valores extremos anteriormente propostos na literatura atuarial. Além disso, o estimador de densidade *kernel* tem apenas um parâmetro adicional a ser estimado, superando o problema do alto custo computacional relacionado a modelos concorrentes.

Uma outra vantagem do modelo proposto é a capacidade de inferir automaticamente o parâmetro de largura de banda relacionado ao componente não-paramétrico por meio de um procedimento orientado pelos dados. O problema da inconsistência (ou seja, alta sensibilidade a observações extremas e caudas pesadas) dos estimadores baseados em funções de validação cruzada de verossimilhança é superado capturando-se as caudas da distribuição de severidade por meio do componente GPD, proporcionando um método de seleção de largura de banda mais robusto do que os métodos heurísticos normalmente empregados na literatura.

Para ilustrar o desempenho do modelo de mistura de valores extremos no contexto da modelagem da severidade de sinistros em seguros não-vida, consideramos três conjuntos de dados reais amplamente estudados na literatura atu-

arial. Os resultados fornecem evidências de que o modelo é capaz de proporcionar um ajuste superior às distribuições empíricas de severidade do que modelos paramétricos comumente utilizados na prática atuarial e outros modelos alternativos com alto grau de flexibilidade propostos na literatura.

Por fim, destacamos a relevância prática do modelo apresentado para profissionais das indústrias atuarial e de seguros. Como observado por Buch-Kromann (2006), atuários e estatísticos gastam muito tempo tentando desenvolver modelos paramétricos de severidade, já que nenhum modelo paramétrico único parece se ajustar tanto a perdas pequenas quanto a grandes. Os profissionais que lidam com dados com baixa magnitude e frequência alta, bem como dados com grande magnitude e frequência baixa, agora têm à disposição uma alternativa semi-paramétrica flexível para seus trabalhos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BABU, G. J., RAO, C. R. (2004). Goodness-of-Fit Tests when Parameters are Estimated. *Indian Journal of Statistics*, 66(1), pp. 63-74.
- BALKEMA, A., DE HAAN, L. (1974), Residual Life Time at Great Age. *Annals of Probability*, 2(5), pp. 792-804.
- BEHRENS, C. N., LOPES, H. F., GAMERMAN, D. (2004). Bayesian Analysis of Extreme Events with Threshold Estimation. *Statistical Modelling*, 4(3), pp. 227-244.
- BOWMAN, A. (1984). An Alternative Method of Cross-Validation for the Smoothing of Density Estimates. *Biometrika*, 71(2), pp.363-360.
- BUCH-KROMANN, T. (2006). Estimation of Large Insurance Losses: A Case Study. *Journal of Actuarial Practice*, 13, pp. 191-211.
- CEBRIÁN, A. C., DENUIT, M., LAMBERT, P. (2003). Generalized Pareto Fit to the Society of Actuaries' Large Claims Database. *North American Actuarial Journal*, 7(3), pp. 18-36.
- COORAY, K., ANANDA, M. M. A. (2005). Modeling Actuarial Data with a Composite Lognormal-Pareto Model. *Scandinavian Actuarial Journal*, 2005(5), pp. 321-334
- DUIN, R. P. W. (1976). On the Choice of Smoothing Parameters for Parzen Estimators of Probability Density Functions. *IEEE Transactions on Computers*, C 25, pp. 1175-1179.
- DUMOUCHEL, W. H. (1983). Estimating the Stable Index in Order to Measure Tail Thickness: A Critique. *Annals of Statistics*, 11(4), pp. 1019-1031.
- FERREIRA, A., DE HAAN, L., PENG, L. (2003). On Optimising the Estimation

- of High Quantiles of a Probability Distribution. *Statistics*, 37(5), pp. 401-434.
- FRAGA ALVES, M. I., GOMES, M. I., DE HAAN, L. (2003). A New Class of Semi-Parametric Estimators of the Second Order Parameter. *Potugaliae Mathematica*, 60(2), pp. 193-214.
- FRIGESSI, A., HAUG, O., RUE, H. (2002). A Dynamic Mixture Model for Un-supervised Tail Estimation without Threshold Selection. *Extremes*, 5, pp.219-235.
- GOMES, M. I., CAEIRO, F., FIGUEIREDO, F. (2004). Bias Reduction of a Tail Index Estimator Through an External Estimation of the Second-Order Parameter. *Statistics*, 38(6), pp. 497-510.
- GOMES, M. I., MARTINS, M. J. (2002). "Asymptotically Unbiased" Estimators of the Tail Index Based on External Estimation of the Second Order Parameter. *Extremes*, 5(1), pp. 5-31.
- GOMES, M. I., PESTANA, D. (2007a). A Simple Second-Order Reduced Bias' Tail Index Estimator. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 77(6), pp. 487-504.
- GOMES, M. I., PESTANA, D. (2007b). A Sturdy Reduced-Bias Extreme Quantile (VaR) Estimator. *Journal of the American Statistical Association*, 102, pp. 280-292.
- HALL, P. (1990). Using the Bootstrap to Estimate Mean Squared Error and Select Smoothing Parameter in Nonparametric Problems. *Journal of Multivariate Analysis*, 32(2), pp. 177-203.
- HALL, P., WELSH, A. (1985). Adaptive Estimates of Parameters of Regular Variation. *The Annals of Statistics*, 13(1), pp. 331-341.
- HILL, B. M. (1975). A Simple General Approach to Inference About the Tail of a Distribution. *Annals of Statistics*, 3, pp. 1163-1174.
- HYNDMAN, R. J., FAN, Y. (1996). Sample Quantiles in Statistical Packages. *American Statistician*, 50(4), pp. 361-365.
- LEE, S. C. K., LIN, X. S. (2010). Modeling and Evaluating Insurance Losses Via Mixtures of Erlang Distributions. *North American Actuarial Journal*, 14(1), pp. 107-130.
- LEE, D., LI, W. K., WONG, T. S. T. (2012). Modeling Insurance Claims Via a Mixture of Exponential Model Combined with Peaks-Over-Threshold Approach. *Insurance: Mathematics and Economics*, 51, pp. 538-550.
- LORETAN, M., PHILIPS, P. C. B. (1994). Testing the Covariance Stationarity of Heavy Tailed Time Series: An Overview of the Theory with Applications to Several Financial Datasets. *Journal of Empirical Finance*, 1(2), pp. 211-248.
- MACDONALD, A., SCARROTT, C. J., LEE, D., DARLOW, B., REALE, M., RUSSELL, G. (2011). A Flexible Extreme Value Mixture Model. *Computational Statistics and Data Analysis*, 55(6), pp. 2137-2157.
- MCNEIL, A. J. (1997). Estimating the Tails of Loss Severity Distributions Using Extreme Value Theory. *ASTIN Bulletin*, 27(1), pp. 117-137.
- MENDES, B. V. M., LOPES, H. F. (2004). Data Driven Estimates for Mixtures. *Computational Statistics and Data Analysis*, 47(3), pp. 583-598.
- NASCIMENTO, F. F., GAMERMAN, D., LOPES, H. F. (2012). A Semiparametric Bayesian Approach to Extreme Value Estimation. *Statistics and Computing*, 22(2), pp. 661-675.
- PICKANDS, J. (1975). Statistical Inference using Extreme Order Statistics. *Annals of Statistics*, 3(1), pp. 119-131.
- RAMBERG, J. S., SCHMEISER, B. W. (1974). An Approximate Method for Generating Asymmetric Random Variables. *Communications of the ACM*, 17(2), pp. 78-82.
- REYNKENS, T., VERBELEN, R., BEIRLANT, J., ANTONIO, K. (2017). Modelling Censored Losses using Splicing: A Global Fit Strategy with Mixed Erlang and Extreme Value Distributions. *Insurance: Mathematics and Economics*, 77, pp. 65-77.
- ROOTZÉN, H., TAJVIDI, N. (1997). Extreme Value Statistics and Wind Storm Losses: A Case Study. *Scandinavian Actuarial Journal*, 1997(1), pp. 70-94.
- SCHUSTER, E. F., GREGORY, G. G. (1981). On the Nonconsistency of Maximum Likelihood Nonparametric Density Estimators. *Computer Science and Statistics: Proceedings of the 13th Symposium on the Interface*, Springer-Verlang, pp. 295-298.
- SCOLLNIK, D. P. M. (2007). On Composite Lognormal-Pareto Models. *Scandinavian Actuarial Journal*, 2007(1), pp. 20-33
- SCOTT, D. W., FACTOR, L. E. (1981). Monte Carlo Study of Three Data-Based Nonparametric Probability Density Estimators. *Journal of the American Statistical Association*, 76, pp. 9-15.
- TANCREDI, A., ANDERSON, C., O'HAGAN, A. (2006). Accounting for Threshold Uncertainty in Extreme Value Estimation. *Extremes*, 9, pp. 87-106.

Fellipe Pacheco de Oliveira



SUSTENTABILIDADE PREVIDENCIÁRIA: ANÁLISE DA TAXA DE REPOSIÇÃO NO REGIME DE PREVIDÊNCIA COMPLEMENTAR PARA SERVIDORES PÚBLICOS

RESUMO

O presente estudo analisa a taxa de reposição previdenciária (TRP) no contexto da previdência complementar para servidores públicos brasileiros, instituída pela Emenda Constitucional nº 103/2019. O objetivo é avaliar a capacidade dos regimes complementares de garantir uma reposição salarial adequada, considerada em 70% da última remuneração, como sugerido por diretrizes internacionais. A pesquisa utilizou uma metodologia baseada na revisão de literatura especializada e simulações previdenciárias, considerando diferentes cenários contributivos e retornos de investimento. Os resultados indicam que o sucesso da previdência complementar depende significativamente do tempo de acumulação no regime e dos retornos dos investimentos, com os servidores mais jovens apresentando maior capacidade de alcançar uma TRP adequada. Além disso, o retorno real dos investimentos se mostrou o fator mais relevante para o sucesso do regime, com impactos diretos na sustentabilidade financeira das aposentadorias. Os modelos contributivos analisados variam em eficiência. O estudo sugere a importância de uma gestão eficiente dos investimentos e de políticas que incentivem a adesão precoce ao regime complementar para mitigar riscos e garantir a sustentabilidade dos sistemas previdenciários.

Palavras-chave: taxa de reposição previdenciária; administração pública; benefícios previdenciários; Regimes Próprios de Previdência Social (RPPS); Regime de Previdência Complementar (RPC).

1. INTRODUÇÃO

O aumento da expectativa de vida é um dos avanços mais significativos das últimas décadas. De acordo com o Censo de 2022, a expectativa de vida no Brasil continua a crescer, atingindo 76,57 anos em 2023, um aumento de 22,51% em relação a 1980, quando a expectativa de vida ao nascer era de 62,5 anos (IBGE, 2023). Esse fenômeno, embora positivo, traz desafios consideráveis para os sistemas previdenciários, tanto no Brasil quanto no cenário global.

A maior longevidade implica em um número crescente de indivíduos que atingem a idade de aposentadoria e que dependem por mais tempo dos benefícios previdenciários. No entanto, os sistemas previdenciários atuais não foram

projetados para lidar com a longevidade nas proporções atuais, o que resulta em pressões significativas sobre sua sustentabilidade financeira. Estima-se que, em muitos países, incluindo o Brasil, esses sistemas agora precisam pagar benefícios por períodos até três vezes maiores do que o originalmente planejado (World Economic Forum, 2017). Esse cenário tem gerado uma lacuna preocupante entre o montante necessário para garantir uma aposentadoria financeiramente confortável e os recursos efetivamente acumulados para esse fim.

As crescentes pressões financeiras sobre os sistemas previdenciários globais têm levado muitos países a implementarem reformas estruturais ao longo das últimas décadas. Exemplos notáveis incluem a Alemanha, que ajustou sua idade de aposentadoria entre 1970 e 1993; a Itália, que em 1992 aumentou a idade de aposentadoria; e a Suécia, que, em resposta a um déficit previdenciário crítico, adotou reformas substanciais nas décadas de 1930, 1940 e 1970 (Giambiagi & Tafner, 2007). Na América Latina, vários países, como Chile (1981), Argentina (1994) e México (1997), também realizaram reformas significativas em seus sistemas previdenciários.

O Brasil seguiu essa tendência, promovendo reformas tanto no RGPS quanto no RPPS, com o objetivo de mitigar os déficits previdenciários. A Emenda Constitucional nº 103/2019 foi um marco recente, especialmente no RPPS, ao introduzir novas regras de aposentadoria e ao impor a criação de regimes de previdência complementar no âmbito da administração pública. Essas mudanças visam reduzir a dependência do servidor em relação à previdência social básica, incentivando a adesão à previdência complementar como forma de garantir um padrão de vida mais elevado na aposentadoria.

Este estudo tem como objetivo analisar a taxa de reposição previdenciária (TRP) no âmbito da previdência complementar dos servidores públicos brasileiros, conforme instituído pela EC nº 103/2019. A TRP reflete o percentual da última remuneração do servidor que será mantido após sua aposentadoria. Um nível considerado adequado, segundo diretrizes internacionais, é de 70% da última remuneração (OCDE, 2021; Mercer CFA Institute, 2021). No entanto, há indícios de que o modelo previdenciário vigente e as alíquotas contributivas atuais não serão suficientes para alcançar esse nível de reposição financeira na aposentadoria, conforme sugerem os resultados preliminares divulgados na Nota Técnica nº 8.132/2022/ME, do Ministério do Trabalho e Previdência.

A pesquisa aqui apresentada tem como objetivo principal identificar os fatores que influenciam a taxa de reposição previdenciária no Brasil, além de discutir a adequação do regime de previdência complementar em proporcionar rendimentos suficientes para garantir a manutenção do padrão de vida dos servidores públicos durante a aposentadoria. Considerando a relevância da previdência complementar para a estabilidade financeira do servidor e o impacto macroeconômico da poupança de longo prazo, o estudo também examinará as implicações dessas reformas para a economia brasileira.

A metodologia empregada envolve a análise de literatura especializada, incluindo legislações e documentos atuariais, bem como simulações de cálculos previdenciários baseadas em diferentes cenários contributivos. Essas análises permitirão projetar o impacto das políticas vigentes e propor ajustes necessários para aprimorar o sistema, visando garantir a sustentabilidade financeira dos servidores públicos na aposentadoria.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A EVOLUÇÃO DA PREVIDÊNCIA COMPLEMENTAR NO BRASIL

A previdência complementar no Brasil possui uma longa trajetória que remonta à criação da Caixa de Aposentadorias e Pensões (CAP) do Banco do Brasil, em 1904. Esse marco é considerado o ponto inicial do sistema previdenciário complementar privado no país, precedendo a regulamentação formal do setor, que viria com a promulgação da Lei Eloy Chaves em 1923. Essa legislação é amplamente reconhecida como o principal marco fundador do sistema previdenciário brasileiro.

Nos anos 1960, o surgimento de várias instituições privadas consolidou a expansão da previdência complementar, que continuava a ser restrita a determinadas classes de trabalhadores. Durante esse período, já existiam algumas entidades fechadas de previdência, que atendiam empregados de empresas específicas, tanto públicas quanto privadas (Beltrão, 2004).

No entanto, o verdadeiro impulso para o crescimento da previdência complementar veio na década de 1970, quando o Estado brasileiro, através de planos de desenvolvimento econômico, incentivou a criação de fundos de previdência complementar como parte das políticas de recursos humanos de empresas estatais e de economia mista (Beltrão, 2004). A criação de fundos previdenciários visava a complementar os benefícios oferecidos pelos sistemas públicos de previdência.

Paixão (2007) destaca três grandes fases na história da previdência complementar no Brasil. A primeira fase, associada às grandes empresas, especialmente estatais, foi marcada pela criação de entidades como a PREVI, que iniciou suas atividades em 1904, representando o primeiro registro formal de previdência complementar. A segunda fase teve início com a promulgação da Lei Federal nº 6.435/1977, que forneceu as bases para a estrutura da previdência complementar no país, embora essa lei tenha sido posteriormente revogada. Já a terceira fase começou com a Emenda Constitucional nº 20/1998, que alterou o artigo 202 da Constituição Federal, dedicando-o integralmente à regulamentação da previdência complementar e exigindo a criação de leis complementares, o que culminou na promulgação das Leis Complementares nº 108 e 109 em 2001.

Essa terceira fase também foi marcada pela Emenda Constitucional nº 40/2003, que consolidou a previdência complementar como um elemento integrante do campo social (Paixão, 2007). Esse processo regulatório foi fundamental para a modernização e o fortalecimento do sistema previdenciário complementar no Brasil.

2.2. O REGIME DE PREVIDÊNCIA COMPLEMENTAR PARA SERVIDORES PÚBLICOS

A Constituição Federal de 1988 trouxe importantes alterações ao regime jurídico dos servidores públicos, especialmente no que diz respeito às regras de ingresso e aposentadoria. Desde a sua promulgação, o regime previdenciário dos servidores públicos passou por diversas modificações, sendo alvo de três emendas constitucionais e de várias regras de transição, com o objetivo de assegurar a sustentabilidade do sistema e garantir segurança jurídica aos contribuintes.

O artigo 24, inciso XII, da Constituição de 1988 prevê a competência concorrente da União, Estados e Distrito Federal para legislar sobre previdência, enquanto o artigo 30 permite que os entes federativos legislem sobre assuntos de interesse local, como a criação de Regimes Próprios de Previdência Social (RPPS) para servidores efetivos.

A grande reforma previdenciária promovida pela Emenda Constitucional nº 20/1998 incluiu pela primeira vez a possibilidade de criação de regimes de previdência complementar para servidores públicos, condicionada à oferta desse regime pelos entes federativos e à limitação dos benefícios do RPPS ao teto do Regime Geral de Previdência Social (RGPS), conforme previsto no artigo 40, §14. Contudo, essa norma teve pouca efetividade imediata, pois a implementação dos regimes de previdência complementar dependia da edição de lei complementar, o que só ocorreu em 2001, com a Lei Complementar nº 108. Mesmo assim, a adesão dos entes federativos foi lenta, e somente em 2012 o Estado de São Paulo criou a primeira entidade para administrar planos de benefícios complementares, a Fundação de Previdência Complementar do Estado de São Paulo (SP-PrevCom).

A situação mudou com a promulgação da Emenda Constitucional nº 103/2019, que transformou a criação do regime de previdência complementar em uma obrigação para os entes federados, com o objetivo de limitar os benefícios pagos pelos RPPS ao teto do RGPS. Essa mudança buscou promover a sustentabilidade financeira dos entes públicos, ao mesmo tempo que oferecia aos servidores a possibilidade de aderir a um regime complementar para garantir uma aposentadoria mais robusta.

2.2.1. A REFORMA DA PREVIDÊNCIA DE 2019

A reforma previdenciária de 2019, materializada pela Emenda Constitucional nº 103, representou um dos maiores marcos recentes da previdência social no Brasil, com impactos significativos sobre o regime de previdência dos servidores públicos. A principal mudança trazida pela reforma foi a obrigatoriedade da implementação de regimes de previdência complementar por todos os entes federativos, transformando o que antes era uma faculdade em um mandamento constitucional.

O principal benefício para os entes federados é a limitação dos valores das aposentadorias e pensões pagas pelo RPPS ao teto do RGPS, permitindo economia tanto no curto prazo, com menores contribuições previdenciárias patronais, quanto no longo prazo, com a redução dos valores das aposentadorias concedidas. Essa limitação, no entanto, aplica-se apenas aos servidores que ingressarem após a instituição do regime de previdência complementar, conforme definido por lei específica de cada ente federativo.

A Emenda Constitucional nº 103/2019 também estabeleceu um prazo de dois anos para que os entes federativos implementassem seus regimes de previdência complementar, o que tornou a medida prioritária para muitos Estados e Municípios que ainda não haviam instituído esses regimes. Até agosto de 2024, aproximadamente 92% dos entes federativos já haviam aprovado a legislação necessária para a implementação dos regimes de previdência complementar, embora apenas cerca de 35% tivessem efetivamente firmado convênios com entidades fechadas de previdência complementar (MPS, 2024).

2.3. ESTUDOS RELACIONADOS AO REGIME DE PREVIDÊNCIA COMPLEMENTAR PARA SERVIDORES PÚBLICOS

A literatura acadêmica e técnica sobre o regime de previdência complementar para servidores públicos no Brasil ainda é relativamente incipiente, mas vem ganhando maior relevância à medida que o tema se consolida como um dos pilares da sustentabilidade fiscal e social do país. A criação de entidades de previdência complementar como a Fundação de Previdência Complementar do Servidor Público Federal (FUNPRESP) e a Fundação de Previdência Complementar do Estado de São Paulo (SP-PrevCom) no início da década de 2010 foi um marco importante para a ampliação dos estudos sobre o assunto, especialmente após as reformas previdenciárias ocorridas nos últimos anos.

O regime de previdência complementar para servidores públicos começou a ser discutido mais amplamente com a Emenda Constitucional nº 20/1998, que introduziu pela primeira vez a possibilidade de criação de tais regimes pelos entes federativos. A produção acadêmica sobre o tema, no entanto, permaneceu escassa até a implementação prática desses regimes em meados da década de 2010. Com a criação da SP-PrevCom em 2012 e do FUNPRESP em 2013, o interesse pelo tema começou a se expandir, à medida que se tornou evidente a necessidade de garantir um equilíbrio entre os benefícios oferecidos aos servidores públicos e a sustentabilidade financeira dos entes federativos.

Os primeiros estudos focaram principalmente nos aspectos jurídicos e institucionais da previdência complementar. Por exemplo, Faria (2020) discutiu a criação da previdência complementar para servidores federais à luz do princípio do equilíbrio financeiro e atuarial, uma questão central para a viabilidade de qualquer sistema previdenciário. No entanto, Faria limitou-se a uma análise jurídica, não abordando de forma mais abrangente os impactos econômicos e sociais da adoção da previdência complementar.

Amaral (2017) avançou um pouco mais ao realizar simulações e projeções sobre a previdência complementar no âmbito da FUNPRESP, utilizando modelos econômicos para analisar os benefícios oferecidos e as taxas de reposição previstas. O estudo de Amaral, embora relevante, concentrou-se exclusivamente nas particularidades da FUNPRESP, sem explorar as implicações mais amplas da previdência complementar para outros entes federativos. A FUNPRESP se destacou por oferecer um benefício adicional conhecido como Benefício Especial, que serve como um diferencial importante em relação a outros planos de previdência complementar, mas sua aplicabilidade era restrita ao contexto federal.

Um ponto de convergência entre os estudos sobre previdência complementar é a análise da taxa de reposição previdenciária (TRP). A TRP é um indicador fundamental utilizado para medir o quanto da renda de um trabalhador na ativa será substituída pelos benefícios previdenciários após sua aposentadoria. Este conceito, amplamente utilizado em estudos de seguridade social, reflete a proporção do salário final ou da média salarial ao longo da vida laboral que será garantida como benefício de aposentadoria. Caetano (2006) foi um dos primeiros a investigar a TRP no Brasil, analisando as variáveis que determinam sua sustentabilidade, como alíquotas contributivas, idade de aposentadoria e tempo de contribuição.

Caetano (2006) definiu a taxa de reposição previdenciária como o percentual do salário de contribuição recebido como benefício na aposentadoria. Ele também destacou que a TRP pode ser analisada tanto de forma estática, comparando o valor inicial do benefício com o salário final, quanto de forma dinâmica, considerando a soma de todos os benefícios obtidos ao longo da aposentadoria em comparação com os salários recebidos ao longo da vida. A pesquisa revelou que a TRP dos regimes de previdência pública no Brasil, especialmente no caso dos servidores públicos, tende a ser significativamente superior à dos trabalhadores da iniciativa privada. Em parte, isso se deve às regras mais vantajosas dos regimes próprios de previdência social (RPPS), que garantiam benefícios generosos, muitas vezes com índices de reposição próximos ou superiores a 100% do último salário.

Essa diferença entre os regimes públicos e privados, entretanto, começou a ser questionada com a introdução de reformas que visavam equalizar as condições entre ambos. A Emenda Constitucional nº 103/2019 foi um marco nessa trajetória, ao estabelecer a obrigatoriedade da criação de regimes de previdência complementar para servidores públicos, com o objetivo de limitar os benefícios pagos pelos RPPS ao teto do Regime Geral de Previdência Social (RGPS), atualmente fixado em R\$ 7.786,02 (em 2024). A criação de um teto para os benefícios previdenciários dos servidores públicos, e a consequente necessidade de complementação por meio de um regime de capitalização, abriu espaço para novas pesquisas sobre o impacto dessa mudança nas finanças públicas e na proteção social dos servidores.

Nesse contexto, a Nota Técnica nº 8.132/2022/ME, elaborada pelo Ministério do Trabalho e Previdência, apresentou uma contribuição significativa para o debate. A nota técnica forneceu diretrizes sobre a implementação do regime de previdência complementar e abordou a questão da TRP de forma detalhada.

A nota técnica também discutiu as alíquotas contributivas necessárias para garantir uma TRP capaz de oferecer uma reposição de 70% do salário final, percentual considerado como o mínimo aceitável para garantir a manutenção do padrão de vida dos trabalhadores na aposentadoria, conforme estudos internacionais. O *Pension Funds in Figure* (OCDE, 2021) e o *Global Pension Index* (Mercer CFA Institute, 2021) sugerem que uma TRP de 70% é uma referência comum em sistemas previdenciários robustos e sustentáveis, e essa foi a meta adotada pela nota técnica brasileira.

De acordo com os resultados demonstrados na tabela 1 extraída da Nota Técnica nº 8.132/2022/ME, e tomando como base o cenário moderado, uma contribuição previdenciária superior a 6% garantiria uma taxa de reposição maior que 70%, isto é, acima da proteção previdenciária adequada.

TABELA 1: TAXAS DE REPOSIÇÃO SALARIAL NO ATO DA APOSENTADORIA

		Taxa de Juros		
		3,00%	4,00%	5,00%
Contribuição do Participante e Patronal (paridade contributiva)	4,50%	60%	64%	70%
	5,00%	61%	66%	73%
	5,50%	63%	68%	76%
	6,00%	64%	70%	78%
	6,50%	66%	72%	81%
	7,00%	67%	74%	83%
	7,50%	69%	76%	86%
	8,00%	70%	78%	89%
	8,50%	72%	80%	91%
	9,00%	73%	82%	94%
	9,50%	74%	84%	97%
	10,00%	76%	86%	99%
	10,50%	77%	88%	102%
	11,00%	79%	90%	105%
	11,50%	80%	92%	107%
	12,00%	82%	94%	110%
	12,50%	83%	96%	113%
13,00%	85%	98%	115%	
13,50%	86%	100%	118%	
14,00%	88%	102%	121%	
14,50%	89%	104%	123%	
15,00%	91%	106%	126%	

FONTE: MTP (2022)

No entanto, a literatura aponta que alcançar uma TRP de 70% pode ser desafiador, especialmente em cenários de contribuições mais baixas ou de interrupções na vida laboral do servidor. Antolin (2009) aponta que, para garantir uma TRP satisfatória, a alíquota contributiva deveria ser de aproximadamente 15% ao longo de uma carreira laboral ininterrupta de 40 anos. Essa premissa, no entanto, não reflete as realidades do mercado de trabalho moderno, que frequentemente envolve períodos de desemprego ou mudança de carreira, o que exigiria ajustes nas alíquotas ou nos benefícios projetados.

A literatura sobre previdência complementar para servidores públicos no Brasil também enfrenta lacunas, principalmente no que diz respeito à avaliação de longo prazo da sustentabilidade dos fundos de pensão e à adequação das políticas de investimento. Estudos que abordem esses aspectos são essenciais para garantir que os fundos de previdência complementar possam cumprir suas promessas de reposição de renda na aposentadoria, ao mesmo tempo em que gerenciam adequadamente os riscos financeiros e atuariais.

Além disso, a expansão da previdência complementar para servidores públicos levanta questões sobre equidade e justiça intergeracional. Enquanto os servidores que ingressaram antes da criação dos regimes complementares podem usufruir de benefícios integrais, aqueles que ingressam após a implementação

desses regimes estão sujeitos a um teto de benefícios significativamente inferior, o que pode gerar disparidades no tratamento previdenciário ao longo do tempo.

Portanto, a análise da TRP e das alíquotas contributivas não deve ser feita de forma isolada. É crucial que as políticas públicas levem em consideração as dinâmicas demográficas, as flutuações do mercado de trabalho e os riscos financeiros associados aos fundos de pensão. Para isso, é necessário que as futuras pesquisas aprofundem as interações entre as variáveis macroeconômicas e atuariais que afetam a previdência complementar no Brasil.

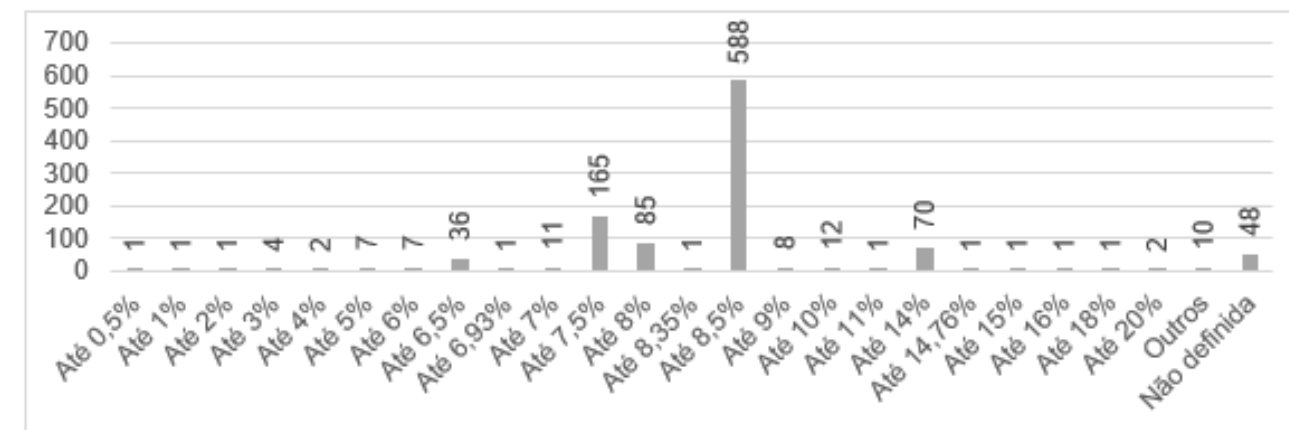
Por fim, apesar de alguns avanços, a literatura sobre o regime de previdência complementar para servidores públicos no Brasil ainda carece de uma abordagem mais ampla e interdisciplinar. A maioria dos estudos existentes foca em aspectos específicos, sem integrar plenamente as implicações econômicas, sociais e políticas desse regime. A ampliação desse campo de pesquisa é crucial para o desenvolvimento de soluções que assegurem a sustentabilidade fiscal dos entes federativos e garantam a proteção social adequada aos servidores públicos brasileiros.

3. METODOLOGIA

3.1. DO MODELO CONTRIBUTIVO

A análise da previdência complementar para servidores públicos começa pela definição dos modelos contributivos e das alíquotas que serão usadas nas projeções do saldo financeiro acumulado e, conseqüentemente, dos benefícios de aposentadoria. Para isso, foram consultadas as leis de instituição de regimes de previdência complementar dos entes federativos, que geralmente já estabelecem as alíquotas aplicáveis e as suas bases de cálculo. Após a análise de 1.065 modelos de alíquotas em diferentes entes federativos, três principais modelos contributivos foram identificados, conforme gráfico 1.

GRÁFICO 1: ALÍQUOTAS MÁXIMAS DO PATROCINADOR ESTABELECIDAS PELOS ENTES FEDERATIVOS



FONTE: Adaptado de Nota Técnica SEI nº 8132/2022/ME

- **Modelo A:** Este modelo é baseado na contribuição patronal paritária, ou seja, a contribuição do empregador é equivalente à do participante, incidindo sobre

a parcela da remuneração que excede o teto do RGPS (R\$ 7.786,02 em 2024). A alíquota mais comum encontrada foi de 8,5%, conforme a Nota Técnica nº 8.132/2022/ME, que identificou uma média de 8,57% para a implementação do regime de previdência complementar nos Municípios, Estados e no Distrito Federal.

- **Modelo B:** Previsto no regulamento de planos administrados pela Entidade Fechada de Previdência Complementar (EFPC) com maior número de planos para entes federativos. Neste modelo, o servidor contribui com 4% sobre a parcela da remuneração abaixo do teto do RGPS e 8,5% sobre a parcela que excede o teto. O ente patrocinador contribui com 8,5% apenas sobre a parcela que excede o teto do RGPS.
- **Modelo C:** Este modelo, adotado por poucas leis de implementação, tem Curitiba como o maior município que utiliza essa estrutura. O modelo envolve uma contribuição patronal paritária, com 3% incidindo sobre a parcela da remuneração abaixo do teto do RGPS e 7,5% sobre a parcela que excede o teto do RGPS.

3.2. DA IDADE DE ENTRADA NO SERVIÇO PÚBLICO

A idade de ingresso no serviço público é uma variável que impacta significativamente o tempo de acumulação financeira e, por conseguinte, o valor do benefício de aposentadoria. Considerando a diversidade de idades em que os indivíduos ingressam no serviço público, para simplificar a análise e evidenciar o efeito dessa variável, as projeções são feitas considerando as idades de entrada aos 25 anos (entrada precoce), 35 anos (entrada intermediária) e 45 anos (entrada tardia).

3.3. DO SALÁRIO INICIAL E SALÁRIO FINAL

A definição do salário inicial e final também é desafiadora devido à ampla diversidade de carreiras no serviço público brasileiro. Para simplificar a projeção, o estudo utilizou o valor de R\$ 1.412,00 (salário-mínimo federal em 2024) como o menor salário inicial, e R\$ 18.356,00 como o maior salário inicial, com intervalos de R\$ 2.824,00. O salário final será projetado até a idade de aposentadoria e limitado ao valor de R\$ 44.008,52, conforme a Lei nº 14.520/2023.

3.4. DA TAXA REAL DE CRESCIMENTO DA REMUNERAÇÃO AO LONGO DA CARREIRA

Observando a ausência de legislação que oriente tal premissa no ambiente dos Regimes de Previdência Complementar (exceto aquela prevista no art. 60 da Resolução Previc nº 23/2023). Com o objetivo de simular com a maior verossimilhança a evolução salarial dos servidores, foi consultada a taxa real de crescimento da remuneração ao longo da carreira presentes nos relatórios atuariais dos RPPS dos Estados¹ da federação, os resultados encontrados são disponibilizados no apêndice 1 deste trabalho. Por meio dessa análise, a média simples

¹ Não foi possível encontrar os relatórios de avaliação atuarial dos Estados da Bahia, por isso foi utilizada a informação do relatório atuarial de sua capital. Não foi possível encontrar os relatórios de avaliação atuarial do Estado do Rio Grande do Norte nem de sua capital, assim tais informações não foram consideradas.

encontrada para essa variável foi de 1,52%, enquanto a média ponderada pela população foi de 1,51%.

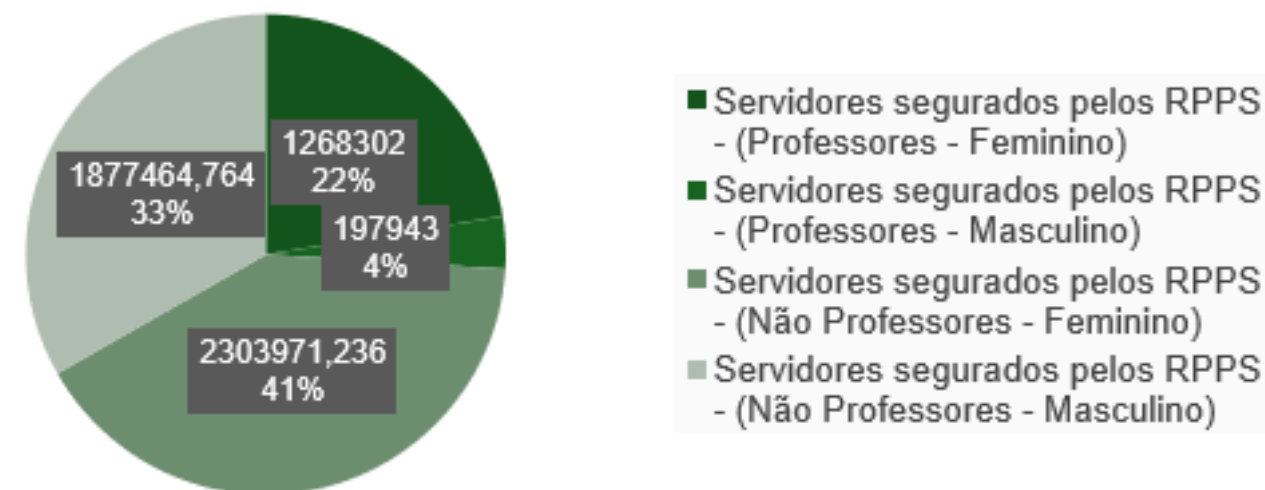
Assim, esta variável foi estimada com base na taxa média de crescimento salarial de 1,51% ao ano aplicada de forma linear durante todo o período laboral do servidor participante.

3.5. DA IDADE DE APOSENTADORIA

Observou-se que em 2021 a população total de servidores públicos (civis e militares) segurados pelo RPPS era de 5.647.681, dos quais aproximadamente 1.466.245 eram professores de educação infantil e ensino médio, formada por aproximadamente 1.268.302 mulheres e apenas 197.943 de homens (MPS, 2021, n.p.).

Não foi possível obter a distribuição do sexo dos servidores das esferas municipal, estadual e do distrito federal (exceto servidores do magistério). Contudo, o mesmo documento mencionado apresenta a distribuição do sexo da população dos servidores da esfera federal, sendo composta por aproximadamente 44,9% de mulheres e 55,1% de homens, essa distribuição é apresentada no gráfico 2. Assim, será admitido que o total dos servidores (exceto servidores do magistério) seguem a mesma distribuição.

GRÁFICO 2: DISTRIBUIÇÃO POPULACIONAL DE SERVIDORES SEGURADOS PELOS RPPS

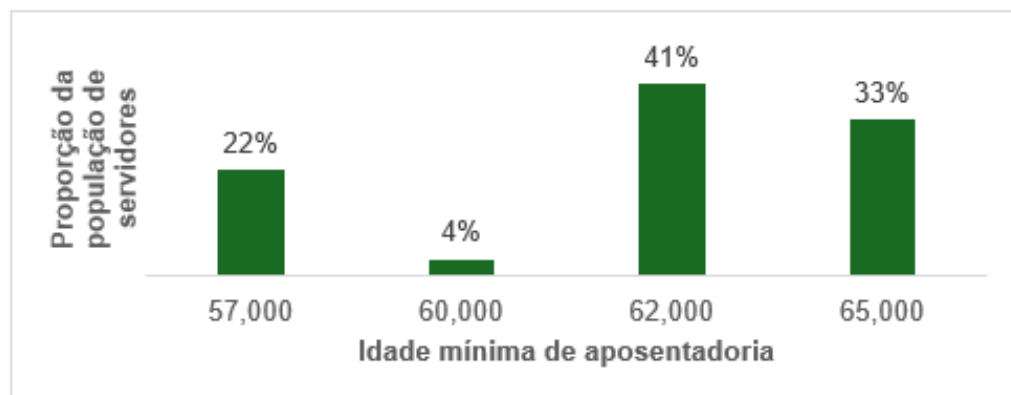


FONTE: Elaborado pelo autor.

Toda a análise da distribuição da população é de especial importância para estimar a data de aposentadoria e, a partir dessa informação, calcular o fator atuarial que será usado para a transformação do saldo projetado em benefício de aposentadoria em cada simulação que será realizada neste estudo.

Dessa forma, considerando a idade mínima para concessão dos benefícios de previdência complementar aos 65 anos para os homens e 62 anos para as mulheres (redução de 5 anos para os professores) e a composição da população, obtém-se que a idade média de concessão da aposentadoria de 61,80 anos, que será aproximada para 62 anos, gráfico 3.

GRÁFICO 3: PROPORÇÃO DA POPULAÇÃO DE SERVIDORES PELA IDADE MÍNIMA DE APOSENTADORIA.



FONTE: Elaborado pelo autor.

3.6. DA ALÍQUOTA DE CONTRIBUIÇÃO PARA O RPPS

Tendo em vista os normativos aplicáveis e a alíquota de contribuição dos servidores da União, via de regra, o sistema previdenciário vigente estabelece que o ente deve contribuir com no mínimo 14% da remuneração de seus servidores ao Regime Próprio de Previdência Social (RPPS). Assim, para essa variável foi considerada a aplicação da alíquota de 14,00% por parte do servidor e pelo Ente Federativo.

3.7. DO CUSTEIO ADMINISTRATIVO

A Resolução CNPC N° 48/2021, dispõe sobre as fontes, os limites para custeio administrativo, os critérios e os controles relativos às despesas administrativas pelas EFPC. Entendendo que essas taxas geram um impacto não desprezível na projeção do saldo financeiro para a concessão do benefício de aposentadoria, este estudo utilizará a taxa de administração média de plano de benefícios de patrocinadores público no valor de 0,28% a.a. conforme apresentado no Relatório Gerencial de Previdência Complementar do 1º trimestre de 2024 (MPS, 2024, p. 64)

3.8. DO RETORNO REAL DOS INVESTIMENTOS

Essa variável tem um impacto significativo nos cálculos que serão realizados pois a taxa pode mascarar modelos mal desenhados e iludir os servidores participantes com resultados irreais, gerando frustração de expectativas e o não atingimento da função de complementação de renda no momento de aposentadoria.

É importante mencionar que quanto maior o retorno real dos investimentos (ou a taxa de juros, ou ainda a taxa de desconto financeiro), maior será o saldo de conta projetado e maior será o valor do benefício de aposentadoria.

Assim, na tentativa de oferecer resultados mais adequados, verificou-se no Relatório Consolidado Estatístico (ABRAPP, 2024), que o rendimento médio nos últimos 14 anos (histórico mais antigo da série temporal) dos planos de benefícios da modalidade de contribuição definida foi de 9,54% ao ano. Durante o mesmo período, a inflação média, registrada pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo – IPCA/IBGE, foi de 5,95% ao ano, e o custeio adminis-

trativo representa 0,28%. Portanto, calcula-se que a média do retorno real dos investimentos foi de 3,10% ao ano, apresentado no quadro 1. Esse estudo utilizará a média das taxas verificadas nos últimos 14 anos dos planos de contribuição definida do segmento de previdência complementar fechado, descontando a taxa de administração conforme item 3.7, com sensibilidade +/-100 pontos percentuais. Assim serão utilizadas as taxas de 2,10% a.a., 3,10% a.a. e 4,10% a.a. para a elaboração dos cálculos deste estudo.

QUADRO 1: RENTABILIDADE MÉDIA ANUAL DAS EFPC – PLANOS CD

Ano	Planos CD	IPCA	CDI	Taxa de Custeio Administrativo	Retorno Real dos Investimentos Planos CD
2010	9,76%	5,91%	9,76%	0,28%	3,44%
2011	8,62%	6,50%	11,59%	0,28%	-0,16%
2012	14,09%	5,84%	8,41%	0,28%	3,44%
2013	0,64%	5,91%	8,1%	0,28%	-5,25%
2014	10,39%	6,41%	10,82%	0,28%	3,44%
2015	10,81%	10,67%	13,26%	0,28%	-0,16%
2016	16,77%	6,29%	14,01%	0,28%	9,54%
2017	12,14%	2,95%	9,93%	0,28%	8,61%
2018	8,88%	3,75%	6,42%	0,28%	4,64%
2019	12,80%	4,31%	5,96%	0,28%	7,83%
2020	5,18%	4,52%	2,76%	0,28%	0,34%
2021	2,51%	10,06%	4,42%	0,28%	-7,13%
2022	8,83%	5,79%	12,39%	0,28%	2,58%
2023	13,3%	4,62%	13,0%	0,28%	7,99%
Acumulado	258,09%	124,50%	246,88%	3,99%	53,38%
Média	9,54%	5,95%	9,29%	0,28%	3,10%

FONTE: adaptado de relatório consolidado estatístico ABRAPP (2024).

3.9. DA ANUIDADE ATUARIAL PARA TRANSFORMAÇÃO DO SALDO PROJETADO EM BENEFÍCIO DE APOSENTADORIA

Uma anuidade atuarial de vida inteira consiste numa série de pagamentos que são feitos a um indivíduo com idade inicial x enquanto ele estiver vivo. Portanto, ela possui uma dependência do tempo de sobrevivência do indivíduo. Assim o valor presente da anuidade atuarial de vida inteira e deve ser considerado como uma variável aleatória. Essa variável aleatória pode ser representada por Y e sua esperança matemática é denotada da seguinte forma:

$$\ddot{a} = E[Y] = \sum_{k=0}^{\infty} v^k \cdot {}_k p_x \quad (1)$$

Onde: $v = \frac{1}{(1+i)}$: é a taxa de desconto que é dada pela taxa de retorno real dos investimentos

i: é a taxa de retorno real dos investimentos

${}_k p_x$: é a probabilidade de um indivíduo com x anos sobreviva por mais k anos

Assim, a variável v já é conhecida a partir do item anterior. Para se obter a probabilidade de sobrevivência desse indivíduo deve-se escolher uma tábua biométrica.

Conforme Previc (2021, p 21) as tábuas biométricas devem ser escolhidas com base na experiência histórica e nas perspectivas de evolução da massa populacional de participantes, assistidos e beneficiários do plano de benefícios.

Ocorre que no segmento do Regime de Previdência Complementar, conforme art. 57, §1º da Resolução Previc nº 23, de 2020, a tábua de mortalidade geral referencial, para o cálculo das provisões matemáticas dos planos de benefícios deve ser a AT-2000 Básica e por esse motivo esse estudo utilizará essa tábua referencial.

Assim, considerando raciocínio exposto no item 3.5 deste estudo, como estimativa proporcional da idade inicial e da idade de aposentadoria, calculou-se média ponderada da anuidade atuarial conforme apresentada no quadro 2. Cabe destacar que os valores indicados na coluna da “Anuidade média” são ponderados devido às diferentes idades para entrada em aposentadoria e pela representatividade de cada classe de servidor estimada na população.

QUADRO 2: ANUIDADE ATUARIAL PELA TÁBUA BIOMÉTRICA AT-2000 BASIC (CONSIDERANDO A DISTRIBUIÇÃO POPULACIONAL)

Anuidade Atuarial - AT 2000 Basic					
Taxa de Desconto	Feminino 57 anos	Masculino 60 anos	Feminino 62 anos	Masculino 65 anos	Anuidade média
2,10%	21,3562	18,0699	18,8362	15,5195	18,272828
3,10%	18,7045	16,1122	16,7552	14,0451	16,269698
4,10%	16,5485	14,4828	15,0252	12,7921	14,606028

FONTE: Elaborado pelo autor.

Nota: a proporção da população do gênero feminino e data da aposentadoria prevista para 57 anos é de 22,46%, a proporção da população do gênero masculino e data da aposentadoria prevista para 60 anos é de 3,50%, a proporção da população do gênero feminino e data da aposentadoria prevista para 62 anos é de 40,79% e a proporção da população do gênero masculino e data da aposentadoria prevista para 65 anos é de 33,24%.

3.10. TAXA DE REPOSIÇÃO PREVIDENCIÁRIA

Ainda como passo anterior à apresentação dos resultados obtidos e com o objetivo principal de facilitar a leitura e comparação dos dados, apresenta-se a taxa de reposição previdenciária (considerando o último salário). Esse índice é formado pela razão entre a soma dos benefícios de aposentadoria concedidos pelo RPPS e pelo RPC e o valor do salário final projetado.

$$TRP = \frac{B1+B2}{US} \quad (2)$$

Onde: TRP = Taxa de reposição previdenciária pelo último salário

B1 = benefício previdenciário concedido pelo RPPS

B2 = benefício previdenciário concedido pelo RPC

US = último salário

Esse índice tem por objetivo perceber a magnitude do impacto financeiro real, na data do pedido de aposentadoria, considerando a última remuneração auferida pelo servidor segurado pelo regime próprio de previdência social e participante do regime de previdência complementar, demonstrando a real capacidade do sistema previdenciário híbrido de garantir manutenção do nível de renda do servidor.

Cabe rememorar que este estudo analisará a taxa de reposição previdenciária pela perspectiva individual de forma estática, conforme definição trazida por Caetano (2006) e admitirá a taxa de 70% como o mínimo esperado para a finalidade de reposição previdenciária e para os fins de manutenção social, conforme preconizado na nota técnica nº 8.132/2022/ME e por outros estudos mencionados no mesmo documento.

3.11. LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Este estudo não considera a inflação nas projeções, partindo da premissa de que o efeito inflacionário é neutro sobre os fluxos de contribuições e benefícios. Também não foram consideradas hipóteses de entrada em invalidez, mortalidade de inválidos, rotatividade, composição familiar e outros fatores como o impacto da tributação sobre os benefícios de aposentadoria.

3.12. RESUMO DAS PREMISSAS E HIPÓTESE UTILIZADAS PARA ESTIMAÇÃO DO NÍVEL DE BENEFÍCIOS

A Tabela 2 sintetiza as premissas econômicas, financeiras e biométricas utilizadas neste estudo, incluindo as alíquotas contributivas, teto do RGPS, crescimento salarial real, taxa de custeio administrativo e retorno real dos investimentos. Essas premissas formam a base para as simulações de benefícios de aposentadoria no RPPS e RPC, e a projeção da taxa de reposição previdenciária.

TABELA 2: RESUMO DAS PREMISSAS ECONÔMICAS, FINANCEIRAS E BIOMÉTRICAS UTILIZADAS

1. Contribuição Previdenciária	<p>Servidor Participante: Modelo A: 8,50% x Salário acima do Teto do RGPS Modelo B: 4,00% x Salário abaixo do Teto do RGPS + 8,50% x Salário acima do Teto do RGPS Modelo C: 3,00% x Salário abaixo do Teto do RGPS + 7,50% x Salário acima do Teto do RGPS</p> <p>Ente Patrocinador: Modelo A: 8,50% x Salário acima do Teto do RGPS Modelo B: 8,50% x Salário acima do Teto do RGPS Modelo C: 3,00% x Salário abaixo do Teto do RGPS + 7,50% x Salário acima do Teto do RGPS</p>
2. Teto do Regime Geral de Previdência Social (Teto do RGPS)	R\$ 7.786,02
3. Idade de entrada no serviço público	25,35 e 45 anos
4. Idade de entrada em aposentadoria	62 anos (considerando distribuição populacional por sexo e idade prevista para aposentadoria)

5. Salário Inicial	R\$ 1.412,00 a R\$ 18.356,00 (intervalos de R\$ 2.824,00)
6. Crescimento Salarial Real (a.a.)	1,51% a.a. (limitado a R\$ 41.651,00 – cfe. Lei nº 14.520/2023)
7. Custeio administrativo	Taxa de Administração: 0,28% a.a.
8. Retorno real dos investimentos (a.a.)	Taxa média calculada: 3,10% a.a. (Sensibilidade: +/- 1% a.a.)
9. Fator Atuarial	18,272828 (Taxa de desconto de 2,10%) 16,269598 (Taxa de desconto de 3,10%) 14,606028 (Taxa de desconto de 4,10%)
10. Benefício de Aposentadoria RPPS e RPC	Benefício de Aposentadoria – RPPS: 100% das remunerações ao longo da trajetória laborativa, limitando ao teto do RGPS. Benefício de Aposentadoria – RPC $Ben = \frac{\text{Saldo de Conta}}{\text{Anuidade Atuarial}}$
11. Taxa de Reposição Previdenciária	$TRP = \frac{(B1+B2)}{US}$

FONTE: Elaborado pelo autor.

4. RESULTADOS

Nos quadros abaixo são apresentados os resultados do saldo financeiro projetado acumulado no final do período contributivo das idades iniciais de 25 anos, 35 anos e 45 anos considerando a aplicação das alíquotas de contribuição conforme os modelos contributivos enunciados e a evolução do salário inicial pela taxa de crescimento anual. Por fim, é calculado o valor da aposentadoria estimada – somando os valores oriundos do RPPS e do RPC – e a taxa de reposição previdenciária.

Para facilitar a análise, os resultados são apresentados no quadro 3, quadro 4 e no quadro 5, onde a taxa de reposição previdenciária que ficou acima de 75% apresenta destaque em verde, aquela que ficou entre 65% e 75% apresenta destaque em amarelo e aquela que ficou abaixo de 65% apresenta destaque em vermelho.

QUADRO 3: RESULTADO DAS SIMULAÇÕES DOS MODELOS CONTRIBUTIVOS A, B E C CONSIDERANDO A IDADE INICIAL DE 25 ANOS

Idade Inicial	Retorno real dos investimentos	Salário Inicial	RPPS TRP	Modelo Contributivo			
				A TRP	B TRP	C TRP	
25 anos	2,10% a.a.	R\$ 1.412	79%	0%	9%	13%	
		R\$ 4.236	79%	0%	9%	13%	
		R\$ 7.060	63%	6%	13%	16%	
		R\$ 9.884	45%	14%	19%	20%	
		R\$ 12.708	35%	19%	23%	23%	
		R\$ 15.532	29%	22%	26%	25%	
		R\$ 18.356	24%	24%	27%	26%	
		3,10% a.a.	R\$ 1.412	79%	0%	12%	17%
			R\$ 4.236	79%	0%	12%	17%
	R\$ 7.060		63%	7%	17%	21%	
	R\$ 9.884		45%	19%	26%	27%	
	R\$ 12.708		35%	26%	31%	31%	
	R\$ 15.532		29%	30%	35%	33%	
	4,10% a.a.	R\$ 1.412	79%	0%	16%	24%	
		R\$ 4.236	79%	0%	16%	24%	
		R\$ 7.060	63%	9%	23%	28%	
		R\$ 9.884	45%	25%	35%	37%	
		R\$ 12.708	35%	34%	42%	42%	
		R\$ 15.532	29%	40%	47%	45%	
		R\$ 18.356	24%	45%	50%	47%	

FONTE: Elaborado pelo autor.

A primeira informação que salta aos olhos é a importância do benefício pago pelo RPPS, em especial para os salários abaixo do teto do RGPS. Destaca-se que, para esses salários apenas o regime de previdência social já é capaz de prover renda na aposentadoria classificada como adequada. Contudo, considerando os salários acima do teto do RGPS essa proporção da renda após a aposentadoria é muito prejudicada podendo chegar ao nível de 24% mostrando, dessa forma, a importância do regime de previdência complementar.

Analisando os resultados conforme quadro 3, fica evidente que os modelos B e C oferecem melhores resultados médios de reposição previdenciária que o modelo A. Tal resultado é devido à ausência de alíquota de contribuição incidente na parcela da remuneração abaixo do teto do RGPS. Como pode ser verificado, esse é um fator que afeta não só os servidores com baixa remuneração, mas os servidores que iniciam em carreiras do serviço público com remuneração mais alta também são afetados.

Observa-se que os resultados obtidos pelo modelo C perdem eficiência proporcionalmente com o aumento dos salários se comparados aos resultados obtidos pelo modelo B. Isso se deve à diferença das alíquotas de contribuição incidentes na parcela da remuneração abaixo e acima do teto do RGPS. Em outras palavras, o modelo C aplica um total de 6% sobre a remuneração até o teto do

RGPS e mais um total de 15% sobre a remuneração acima do teto do RGPS. Já o modelo B aplica um total de 4% sobre a remuneração até o teto do RGPS e mais um total de 17% sobre a remuneração acima do teto do RGPS. Por isso, quanto maior a parcela da remuneração acima do teto do RGPS, melhores resultados o modelo B apresenta frente ao modelo A.

Outro fator que chama atenção é que, em comparação com os resultados simulados nos outros modelos, o modelo A oferece a menor reposição mínima (49% somando o benefício gerado pelo RPPS e pelo RPC) e a menor reposição máxima (79% somando o benefício gerado pelo RPPS e pelo RPC), enquanto o modelo C, em alguns casos, oferece a possibilidade do servidor participante se aposentar com um valor acima da remuneração auferida na atividade, contrariando a lógica previdenciária.

QUADRO 4: RESULTADO DAS SIMULAÇÕES DOS MODELOS CONTRIBUTIVOS A, B E C CONSIDERANDO A IDADE INICIAL DE 35 ANOS

Idade Inicial	Retorno real dos investimentos	Salário Inicial	RPPS TRP	Modelo Contributivo		
				A	B	C
				TRP	TRP	TRP
35 anos	2,10% a.a.	R\$ 1.412	83%	0%	6%	9%
		R\$ 4.236	83%	0%	6%	9%
		R\$ 7.060	74%	3%	8%	11%
		R\$ 9.884	53%	9%	13%	14%
		R\$ 12.708	41%	13%	16%	16%
		R\$ 15.532	33%	15%	18%	17%
		R\$ 18.356	28%	17%	19%	18%
		R\$ 18.356	28%	17%	19%	18%
	3,10% a.a.	R\$ 1.412	83%	0%	8%	12%
		R\$ 4.236	83%	0%	8%	12%
		R\$ 7.060	74%	3%	10%	14%
		R\$ 9.884	53%	11%	17%	18%
		R\$ 12.708	41%	16%	20%	21%
		R\$ 15.532	33%	20%	23%	22%
		R\$ 18.356	28%	22%	24%	23%
		R\$ 18.356	28%	22%	24%	23%
	4,10% a.a.	R\$ 1.412	83%	0%	10%	15%
		R\$ 4.236	83%	0%	10%	15%
		R\$ 7.060	74%	4%	13%	17%
		R\$ 9.884	53%	14%	21%	23%
		R\$ 12.708	41%	21%	26%	26%
		R\$ 15.532	33%	25%	29%	28%
		R\$ 18.356	28%	28%	31%	30%
		R\$ 18.356	28%	28%	31%	30%

FONTE: Elaborado pelo autor.

Considerando a representatividade dos dois regimes, os resultados relativos ao RPC do quadro 4 acima ficam evidentemente reduzidos na comparação com o quadro 3 devido ao menor período contributivo e de acumulação no regime de previdência complementar. Todavia, os resultados relativos ao RPPS, comparando o quadro 4 em relação ao quadro 3, apresentam melhora – lembrando que a

estimação do benefício de aposentadoria pago pelo regime de previdência social sempre segue a média do salário auferido pelo servidor em sua fase laboral.

Observa-se que os resultados comparativos entre os modelos dispostos no quadro 5 se comportaram de forma similar em relação aos resultados observados no quadro 4.

QUADRO 5: RESULTADO DAS SIMULAÇÕES DOS MODELOS CONTRIBUTIVOS A, B E C CONSIDERANDO A IDADE INICIAL DE 45 ANOS

Idade Inicial	Retorno real dos investimentos	Salário Inicial	RPPS TRP	Modelo Contributivo		
				A	B	C
				TRP	TRP	TRP
45 anos	2,10% a.a.	R\$ 1.412	89%	0%	4%	6%
		R\$ 4.236	89%	0%	4%	6%
		R\$ 7.060	85%	1%	4%	6%
		R\$ 9.884	61%	5%	8%	8%
		R\$ 12.708	47%	7%	10%	10%
		R\$ 15.532	39%	9%	11%	11%
		R\$ 18.356	33%	10%	12%	11%
		R\$ 18.356	33%	10%	12%	11%
	3,10% a.a.	R\$ 1.412	89%	0%	5%	7%
		R\$ 4.236	89%	0%	5%	7%
		R\$ 7.060	85%	1%	5%	7%
		R\$ 9.884	61%	6%	9%	10%
		R\$ 12.708	47%	9%	12%	12%
		R\$ 15.532	39%	11%	13%	13%
		R\$ 18.356	33%	12%	14%	14%
		R\$ 18.356	33%	12%	14%	14%
	4,10% a.a.	R\$ 1.412	89%	0%	6%	9%
		R\$ 4.236	89%	0%	6%	9%
		R\$ 7.060	85%	1%	6%	9%
		R\$ 9.884	61%	7%	11%	12%
		R\$ 12.708	47%	11%	14%	14%
		R\$ 15.532	39%	13%	16%	16%
		R\$ 18.356	33%	15%	17%	16%
		R\$ 18.356	33%	15%	17%	16%

FONTE: Elaborado pelo autor.

Analisando o quadro 5 de forma geral, o primeiro destaque é a similaridade da taxa de reposição previdenciária oferecida pelos modelos A, B e C. A diferença máxima entre os modelos se aproxima a 8,5% e a diferença média fica em torno de 2,8%.

O segundo destaque é o grande impacto do retorno real dos investimentos para a composição do saldo projetado, o valor da aposentadoria estimada e o cálculo da taxa de reposição previdenciária. Tal impacto aumenta conforme o período contributivo também aumenta devido a sua natureza de função exponencial (efeito juros sobre juros).

Assim é possível afirmar que a variação da alíquota contributiva influencia menos que a variável retorno real dos investimentos. Em outras palavras, o efeito do esforço contributivo por parte do servidor e a contrapartida patronal

perde eficácia se não for acompanhada por bons retornos dos investimentos (minimamente aceitáveis) ao longo do tempo.

Para ilustrar esse argumento, comparemos os resultados obtidos com a taxa de 4,1% a.a. conforme quadro 4 e os resultados obtidos com a taxa de 2,1% a.a. conforme quadro 3, mesmo com 10 anos de diferença e ausência de contribuição nesse período, os resultados da TRP dispostos no quadro 4 apresentam resultados médios superiores em 7,9%. Ao isolar apenas o impacto dos benefícios gerados pelo RPC, isto é, considerando o regime que necessita do tempo como variável de influência para acumulação de reserva financeira, o resultado da análise também é mantido em 2,0%.

Ainda sob essa análise comparando os resultados obtidos com a taxa de 4,10% a.a. conforme quadro 5 e os resultados obtidos com a taxa de 2,10% a.a. conforme quadro 3, dessa forma com 20 anos de diferença e ausência de contribuição em todo esse período, os resultados da TRP dispostos no quadro 5 apresentam resultados médios superiores em 6,1%. Contudo, ao isolar o impacto dos benefícios gerados pelo RPC, evidencia-se o tempo como variável de influência para acumulação de reserva financeira (efeito dos juros compostos), pois o resultado da análise é invertido em 6,6%.

Nesse sentido é medida salutar, especialmente para mitigar o risco de frustração de expectativa quanto ao nível do benefício previdenciário auferido na aposentadoria, o acompanhamento dos resultados dos investimentos que são realizados pelas EFPC, pois administram recursos de terceiros e possuem deveres fiduciários com relação aos servidores participantes e aos entes patrocinadores, ou seja, devem sempre adotar atos de gestão pautados nas melhores práticas existentes.

Ainda, ao analisar os resultados apresentados no quadro 5 pode-se inferir que menos tempo de acumulação pode gerar melhores reposições previdenciárias em algumas faixas salariais (especialmente nas mais baixas). Essa percepção se dá por dois motivos, o primeiro é que com menos tempo até a data de aposentadoria a remuneração também sofre impacto menor da variável crescimento salarial, assim o servidor chega na aposentadoria com o último salário menor em comparação com os resultados das simulações demonstrados nos quadros anteriores. O segundo motivo é a maior representatividade do benefício de aposentadoria pago pelo RPPS no cálculo da reposição previdenciária.

De forma geral, percebe-se que o resultado apontado pela nota técnica nº 8.132/2022/ME era que, com os níveis de contribuição dos modelos estudados, o servidor se aposentaria com valores representando aproximadamente 70% de sua última remuneração, um índice considerado adequado. Contudo, esse resultado foi observado em um conjunto muito específico de variáveis de cálculo, isto é, para os salários iniciais abaixo do teto do RGPS e para o grupo com salário inicial acima do teto do RGPS, tais servidores participantes precisam congregiar idade inicial de 25 anos e retorno dos investimentos de 4,10% ao ano. Em outras palavras, os modelos não apresentaram a capacidade de oferecer cobertura previdenciária adequada na maioria das situações apresentadas.

Pode-se chegar à conclusão de que o atingimento do resultado esperado para a adequada reposição previdenciária é muito mais sensível ao retorno dos investimentos do que da decisão pelo modelo contributivo dentre aqueles abordados neste estudo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo avaliar a capacidade dos regimes de previdência complementar (RPC) para servidores públicos brasileiros em garantir uma taxa de reposição previdenciária (TRP) adequada, conforme as diretrizes estabelecidas pela Emenda Constitucional nº 103/2019 e pela Nota Técnica nº 8.132/2022/ME. A análise demonstrou a importância de uma abordagem holística, considerando variáveis como alíquotas contributivas, tempo de acumulação, retorno real dos investimentos e o impacto do benefício pago pelo Regime Próprio de Previdência Social (RPPS).

Os resultados obtidos evidenciam que a TRP esperada de 70%, tida como o patamar mínimo para garantir a manutenção do padrão de vida do servidor após a aposentadoria, depende criticamente do tempo de acumulação no RPC e do retorno real dos investimentos. O estudo demonstrou que os servidores que ingressam no serviço público mais jovens (aos 25 anos) e com salários mais baixos possuem maior capacidade de atingir essa TRP, especialmente quando os retornos dos investimentos superam 3,1% ao ano. No entanto, os servidores que ingressam em idades mais avançadas (aos 45 anos) enfrentam grandes desafios para acumular um saldo financeiro suficiente, mesmo com retornos mais elevados.

A principal conclusão extraída das simulações foi a significativa dependência dos regimes complementares de previdência em relação à gestão eficiente dos investimentos. Nos três cenários contributivos analisados (Modelos A, B e C), verificou-se que, independentemente das alíquotas contributivas aplicadas, o retorno dos investimentos se mostrou o principal determinante do sucesso do RPC. Nos casos em que o retorno real dos investimentos era baixo, a TRP não alcançava o nível de reposição considerado adequado, mesmo para os servidores com maior tempo de contribuição.

Outro ponto central foi a diferenciação entre os modelos contributivos. O Modelo B, que aplica contribuições sobre a remuneração tanto abaixo quanto acima do teto do RGPS, foi consistentemente o mais eficiente em oferecer TRP adequadas para os servidores com salários elevados. Já o Modelo A, que limita a contribuição à parcela da remuneração que excede o teto do RGPS, mostrou-se menos eficaz para garantir reposições adequadas, particularmente para servidores com menor tempo de acumulação.

Do ponto de vista das políticas públicas, a principal recomendação que emerge deste estudo é a necessidade de monitoramento contínuo e rigoroso da performance dos investimentos realizados pelas Entidades Fechadas de Previdência Complementar (EFPC). A gestão eficaz dos fundos de pensão, com foco em garantir retornos consistentes e acima da média histórica de 3% a.a., é fundamental para mitigar o risco de frustração de expectativas dos servidores e para assegurar a sustentabilidade dos sistemas previdenciários.

Outro aspecto relevante que surge da análise é a importância do tempo de acumulação. Servidores que ingressam em idades mais avançadas têm menor capacidade de acumular um saldo financeiro robusto, resultando em TRP mais baixa. Isso aponta para a necessidade de campanhas de conscientização sobre a importância da adesão precoce ao RPC, além da criação de incentivos que estimulem os servidores a aderirem a regimes complementares desde o início de suas carreiras.

Em termos de sustentabilidade fiscal, o estudo ressalta que, enquanto o RPPS continua desempenhando um papel essencial na cobertura previdenciária para servidores com remuneração até o teto do RGPS, o RPC se torna cada vez mais relevante à medida que os salários superam esse limite. Assim, a implementação eficaz do regime de previdência complementar não apenas melhora a segurança financeira dos servidores, mas também contribui para a saúde financeira dos entes federativos, ao limitar os compromissos previdenciários do RPPS.

Este estudo enfrentou algumas limitações, como a ausência de consideração da inflação nas projeções e a exclusão de variáveis como invalidez e composição familiar. Além disso, não foram avaliados os impactos da tributação sobre os benefícios previdenciários, o que pode ter uma influência significativa no montante líquido recebido pelos servidores após a aposentadoria.

Sugere-se que futuras pesquisas aprofundem a análise dos riscos atuariais e financeiros dos fundos de previdência complementar, além de investigar mais detalhadamente os impactos das políticas de investimento sobre o desempenho dos fundos. Ademais, uma abordagem interdisciplinar, que combine aspectos econômicos, sociais e jurídicos, seria valiosa para fornecer uma visão mais ampla e integrada das implicações da previdência complementar para os servidores públicos no Brasil.

Em suma, a previdência complementar é uma ferramenta crucial para garantir a sustentabilidade dos regimes previdenciários e a segurança financeira dos servidores públicos brasileiros. No entanto, seu sucesso dependerá da capacidade de gestão eficiente dos investimentos e da adoção de políticas que incentivem a adesão precoce e contínua ao sistema.

6. REFERÊNCIAS

- ABRAPP. Relatório consolidado estatístico. Brasil: ABRAPP, 2023. Disponível em: https://www.abrapp.org.br/wp-content/uploads/2023/03/Consolidado-Estatistico_12.2022.pdf. Acesso em: 15 abr. 2023.
- AMARAL, Elvis de Assis et al. *Previdência no Brasil: o fundo de previdência complementar dos servidores públicos federais (FUNPRESP)*. 2017.
- ANTOLIN, P. Private pensions and the financial crisis: how to ensure adequate retirement income from DC pension plans. *OECD Journal: Financial Market Trends*, v. 2009/2, p. 153-179, 2009.
- AON. *Aon Consulting's replacement ratio study: a measurement tool for retirement planning*, 2008.
- BELTRÃO, A. *História da previdência no Brasil*. Brasília: IPEA, 2004.
- BRASIL. Ministério da Previdência Social. *Anuário Estatístico de Previdência Social do RPPS (AEPS) 2021*. Disponível em: <https://www.gov.br/previdencia/pt-br/assuntos/rpps/estatisticas-e-informacoes-dos-rpps-1/estatisticas-e-informacoes-dos-rpps>. Acesso em: 15 ago. 2021.

BRASIL. Ministério da Previdência Social. *Mais informações – O que é Previdência Complementar*. Disponível em: <http://www.previdencia.gov.br/a-previdencia/previdencia-complementar/o-que-previdencia-complementar/>. Acesso em: 24 nov. 2022.

BRASIL. Ministério da Previdência Social. *Painel de acompanhamento de adequações à EC 103/2019*. Disponível em: <https://www.gov.br/previdencia/pt-br/assuntos/estatisticas-da-previdencia/painel-estatistico-da-previdencia/regimes-proprios-de-previdencia-social-1/painel-de-acompanhamento-da-reforma-previdenciaria>. Acesso em: 17 abr. 2023.

BRASIL. Ministério da Previdência Social. *Relatório gerencial de previdência complementar - 4º Trimestre/2022*. Disponível em: https://www.gov.br/previdencia/pt-br/assuntos/previdencia-complementar/mais-informacoes/arquivos/rgpc_4tri-2022.pdf. Acesso em: 11 abr. 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. *Adequação e equidade na política previdenciária: indicadores para o Brasil*. Brasília: MTP; SPREV, 2021. 308 p. ilust. (Coleção Previdência Social, Série Estudos; v. 38, 1. ed.). Disponível em: <https://www.gov.br/previdencia/pt-br/assuntos/previdencia-social/colecao-previdencia-social/vol-38.pdf>.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. *Nota Técnica SEI 8132/2022/ME. Considerações sobre a alíquota de contribuição para o Regime de Previdência Complementar dos servidores públicos de que tratam os §§ 14, 15 e 16 do art. 40 da Constituição Federal*. Disponível em: https://www.gov.br/previdencia/pt-br/assuntos/previdencia-complementar/mais-informacoes/arquivos/ntec_notaaliquota.pdf. Acesso em: 16 mar. 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. *Portaria nº 14.167, de 02 de junho de 2022. Disciplina os parâmetros e as diretrizes gerais para organização e funcionamento dos regimes próprios de previdência social dos servidores públicos da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, em cumprimento à Lei nº 9.717, de 1998, aos arts. 1º e 2º da Lei nº 10.887, de 2004 e à Emenda Constitucional nº 103, de 2019*.

BRASIL. Presidência da República. *Lei Complementar nº 108, de 29 de maio de 2001. Dispõe sobre o regime de Previdência Complementar e dá outras providências*. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LCP/Lcp108.htm.

BRASIL. Presidência da República. *Lei Complementar nº 109, de 29 de maio de 2001. Dispõe sobre o regime de Previdência Complementar e dá outras providências*. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LCP/Lcp109.htm.

BRASIL. Presidência da República. *Lei nº 14.520, de 09 de janeiro de 2023. Disponí-*

vel em: <https://normas.leg.br/?urn=urn:lex:br:federal:lei:2023-01-09;14520>.

CARVALHO, Fábio Junqueira de; MURGEL, Maria Inês. Tributação dos fundos de pensão. Belo Horizonte: Decálogo, 2007.

DE OLIVEIRA, Gilson Alves; PACHECO, Marcelo. Mercado financeiro: objetivo e profissional. Fundamentos, 2006.

FARIA, J. Previdência complementar dos servidores públicos federais: aspectos jurídicos e atuariais. Brasília: UnB, 2020.

GAIGER SILVEIRA, Fernando et al. Previdência dos servidores públicos: reflexões em torno da proposta de instituição da previdência complementar. Texto para Discussão, 2011.

GONZAGA, Rafael Dias. Um estudo de caso para previdência privada complementar. Revista de Finanças Aplicadas, v. 1, p. 20, 2012.

IBA. Banco de tábuas atuariais disponibilizado pelo IBA. Disponível em: <https://atuarios.org.br/tabuas-biometricas/>. Acesso em: 18 abr. 2023.

MERCER. Mercer CFA Institute Global Pension Index. 2022. Disponível em: <https://www.mercer.com.au/our-thinking/global-pension-index.html>. Acesso em: 16 ago. 2021.

OCDE. Pensions at a glance 2021: OECD and G20 indicators. OECD Publishing, Paris, 2021. Disponível em: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/b6d3dcfc-en.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2023.

OLIVEIRA, Jorge Leonardo Mosquera Torres de. Fatores determinantes para a decisão de servidores públicos na adesão à previdência complementar. Tese (Doutorado) — Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2016.

PAIXÃO, Leonardo André; PINHEIRO, Ricardo Pena; CHEDEAK, José Carlos Sampaio. Regulação dos investimentos nos fundos de pensão: evolução histórica, tendências recentes e desafios regulatórios. Revista da Previdência, n. 3, 2005.

PALACIOS, Robert; WHITEHOUSE, Edward. Civil-service pension schemes around the world. World Bank Social Protection Discussion Paper, n. 0602, 2006.

7. APÊNDICE 1

LEVANTAMENTO DA TAXA REAL DE CRESCIMENTO DA REMUNERAÇÃO AO LONGO DA CARREIRA

REGIÃO	UF	Taxa de Cresc. Remuneração	Proporção populacional	FONTE	LINK
N	AC	1,00%	0,47%	Relatório de Avaliação Atuarial - Dez/2023	Clique Aqui
NE	AL	1,60%	1,79%	Relatório de Avaliação Atuarial - Dez/2023	Clique Aqui
N	AM	3,00%	2,19%	Relatório de Avaliação Atuarial - Dez/2023	Clique Aqui
N	AP	1,00%	0,43%	Relatório de Avaliação Atuarial - Dez/2023	Clique Aqui
NE	BA	2,20%	1,56%	Relatório de Avaliação Atuarial - Dez/2023	Clique Aqui
NE	CE	1,31%	4,86%	DRAA - Dez/2022	Clique Aqui
CO	DF	1,00%	1,64%	Relatório de Avaliação Atuarial - Dez/2023	Clique Aqui
SE	ES	2,00%	2,21%	Relatório de Avaliação Atuarial - Dez/2023	Clique Aqui
CO	GO	1,19%	3,65%	Relatório de Avaliação Atuarial - Dez/2023	Clique Aqui
NE	MA	2,00%	3,77%	Relatório de Avaliação Atuarial - Dez/2023	Clique Aqui
SE	MG	1,49%	11,37%	Relatório de Avaliação Atuarial - Dez/2023	Clique Aqui
CO	MS	1,00%	1,53%	Relatório de Avaliação Atuarial - Dez/2022	Clique Aqui
CO	MT	1,00%	1,80%	Relatório de Avaliação Atuarial - Dez/2023	Clique Aqui
N	PA	1,00%	4,51%	Relatório de Avaliação Atuarial - Dez/2023	Clique Aqui
NE	PB	1,00%	2,17%	Relatório de Avaliação Atuarial - Dez/2022	Clique Aqui
NE	PE	1,00%	0,89%	Relatório de Avaliação Atuarial - Dez/2023	Clique Aqui
NE	PI	1,00%	0,47%	Relatório de Avaliação Atuarial - Dez/2023	Clique Aqui

S	PR	1,46%	6,10%	Relatório de Avaliação Atuarial - Dez/2023	Clique Aqui
SE	RJ	1,00%	9,00%	Relatório de Avaliação Atuarial - Dez/2023	Clique Aqui
NE	RN	-	1,89%	Não Disponível	-
N	RO	1,00%	0,98%	Relatório de Avaliação Atuarial - Dez/2022	Clique Aqui
N	RR	2,90%	0,24%	Relatório de Avaliação Atuarial - Dez/2022	Clique Aqui
S	RS	1,00%	6,10%	Relatório de Avaliação Atuarial - Dez/2022	Clique Aqui
S	SC	2,13%	3,77%	Relatório de Avaliação Atuarial - Dez/2022	Clique Aqui
NE	SE	2,71%	1,23%	Relatório de Avaliação Atuarial - Dez/2023	Clique Aqui
SE	SP	2,00%	24,55%	DRAA - Dez/2023	Clique Aqui
N	TO	1,50%	0,83%	Relatório de Avaliação Atuarial - Dez/2022	Clique Aqui

NOTA: Não foi possível encontrar os relatórios de avaliação atuarial dos Estados da Bahia, por isso foi utilizada a informação do relatório atuarial de sua capital. Não foi possível encontrar os relatórios de avaliação atuarial do Estado do Rio Grande do Norte nem de sua capital, assim tais informações não foram consideradas.

GANHADORES DO PRÊMIO ATUÁRIO TOP

O Prêmio Atuário TOP: Talento, Originalidade e Protagonismo, organizado pelo Instituto Brasileiro de Atuária (IBA), visa reconhecer jovens atuários que têm se destacado por sua inovação, criatividade, superação e impacto nas diversas áreas da atuária. O prêmio busca identificar profissionais que estão transformando a ciência atuarial e revolucionando negócios, criando soluções inéditas e impactando positivamente a sociedade.

CONHEÇA OS GANHADORES DA EDIÇÃO 2024 POR CATEGORIA



EDUCAÇÃO

Matheus dos Santos Alves
Jonathan Soares Laranjeira
Thierry Faria da Silva Gregorio

PERÍCIAS

Priscila Santos Portal
Yara Oliveira Souza Carvalho

PREVIDÊNCIA FECHADA

Fabrizio Krapf Costa
Enrico Foianesi

PREVIDÊNCIA PÚBLICA

Karla Nickele Gonçalves

SAÚDE

Leonardo Baltazar da Silveira
Maickel Ewerson Batista
Francisco Anderson Feitosa

SEGUROS

Vinicius Oliveira Cekaroli
Kaine Cristine Barreto de Jesus
Ariston dos Santos da Silveira Araújo

VOLUNTARIADO INTERNACIONAL

Renan Kae Hou Wu

”Reconheça a excelência, celebre o talento: o Prêmio Atuário Top é a vitória do compromisso e da inovação!”





Momento IBAPrev

Rentabilidade do Plano

O Plano IBAPrev é o plano de previdência complementar criado para cuidar do futuro dos atuários registrados no Instituto Brasileiro de Atuária (IBA), e dos empregados de consultorias parceiros do IBA, bem como seus dependentes.

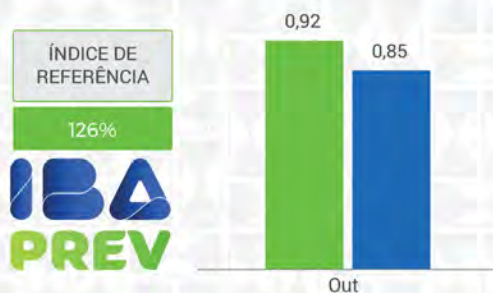
Os participantes do plano, que são os profissionais que fazem sua adesão ao plano, contribuem mensalmente para o IBAPrev, com o objetivo de acumular uma poupança previdência. O plano é administrado pela Viva Previdência, uma fundação sem fins lucrativos.

A seguir, são apresentados os resultados de rentabilidade do Plano em 2024.

O IBAPrev tem superado a meta de retorno estabelecida na Política de Investimentos para 2024. O retorno de janeiro a outubro de 2024 é 8,73%, superando a meta de retorno (índice de referência IPCA + 3,50% a.a.) em 126%.

O gráfico a seguir mostra o comparativo de retorno acumulado mensal do plano no ano de 2024, em relação ao índice de referência.

Rentabilidade acumulada - 2024 (%)



ACUMULADO 2024



Viva Previdência lança campanha de aporte extraordinário

A Viva Previdência lança sua campanha anual de aporte extraordinário. A ação é voltada aos participantes do Plano IBAPrev. O objetivo da campanha é estimular os aportes extras, para que o participante garanta um incremento em seu saldo de conta, além de poder contar com dedução no Imposto de Renda.

E tem premiação: os participantes que realizarem aportes a partir de R\$ 300,00 concorrem a prêmios. Serão sorteadas 10 Smart Speaker Echo Show 5 Alexa. Quanto mais aportes realizar, mais chances no sorteio. Além disso, os 10 primeiros participantes que realizarem aporte dentro do período da campanha ganham um Kit da Viva, contendo bolsa esportiva, bloco de anotações e caneta.

Ao fazer uma contribuição extra no Plano IBAPrev, o participante pode abater na base de cálculo de sua declaração anual de ajuste o valor investido em seu plano de previdência complementar, limitado a 12% da sua renda bruta anual. Os requisitos são que a declaração seja no modelo completo e o titular esteja vinculado a um regime público oficial de previdência (RGPS ou RPPS).

Para exemplificar: para dedução na base de cálculo da declaração completa, uma pessoa com renda bruta anual de R\$ 250.000,00 pode abater até R\$ 30.000,00 (12%) daquilo que investe em previdência complementar. Os aportes poderão ser realizados de 18 de novembro a 27 de dezembro de 2024.

Como fazer o aporte

Ao entrar no site da Viva Previdência (<https://vivaprev.com.br/>), será necessário acessar a Área do Participante e marcar o PLANO de origem. Após a escolha do plano, inclua seu CPF e a senha de acesso. Após logado, na área do participante, basta descer a barra de rolagem até o item CONTRIBUIÇÕES e clicar em CONTRIBUIÇÃO ESPORÁDICA. É necessário incluir data de vencimento, valor e gerar aporte. Ao realizar o preenchimento, é só clicar em GERAR APORTE. Logo aparecerá o boleto, que poderá ser baixado ou copiada a linha digitável.

Caso tenha dúvidas sobre como realizar o aporte, entre em contato por meio do Fale Conosco da Viva, no site, ou via WhatsApp e Central de Atendimento pelo número 0800 720 5600.

