

## **Sinistralidade no mercado de seguros de automóvel: impactos da pandemia Covid-19 na tendência de sinistralidade**

### *Automobile Insurance Market loss ratio: impacts of the Covid-19 pandemic on the trend of claims frequency*

Recebido: 31/08/2024 - Aprovado: 27/09/2024 - Publicado: 10/10/2024  
Processo de Avaliação: Double Blind Review

Renato Eliseu Costa<sup>1</sup>  
Diana Yukie<sup>2</sup>

#### **RESUMO**

Este trabalho visa analisar o impacto da pandemia de COVID-19 na sinistralidade do mercado de seguros brasileiro, utilizando as ferramentas de linguagem R. O objetivo central é identificar e analisar as tendências emergentes e os padrões de sinistralidade durante o período pandêmico, ampliando a compreensão das mudanças comportamentais desse mercado em situações de crise. Com esta pesquisa foi avaliado que ferramentas de Data Science and Analytics são importantes no setor de seguros, considerando o tamanho das informações que precisam ser tratadas e a agilidade, além disso, sobre o tema proposto identificou-se que a sinistralidade durante a pandemia teve um aumento expressivo ao contrário do que se esperava e após a pandemia ainda está tendo impactos.

**Palavras-chave:** sinistralidade; frequência de sinistros, seguros; pandemia; tendência.

#### **ABSTRACT**

*This paper proposes a study on the impact of the COVID-19 pandemic on the loss ratio in the Brazilian insurance market, using R language tools. The main objective is to identify and analyze emerging trends and patterns of claims frequency during the pandemic period, enhancing the understanding of behavioral changes in this market during crisis situations. The project is also focused on applying these insights to risk management and strategic planning for companies in the sector. This research evaluated that Data Science and Analytics tools are of utmost importance in the insurance industry, considering the size of the information that needs to be processed and the required agility. Furthermore, regarding the proposed topic, it was discovered that loss ratio during the pandemic had a significant increase contrary to expectations, and after the pandemic, it is still having impacts.*

**Keywords:** loss ratio; claims frequency; insurance; pandemic; trend.

## **1. INTRODUÇÃO**

O mercado de seguros desempenha um papel importante na sociedade moderna, oferecendo proteção financeira contra riscos diversos, que vão desde acidentes pessoais até perdas patrimoniais.

<sup>1</sup> Doutor em Políticas Públicas pela Universidade Federal do ABC. Docente na FipeEES. Brasil. E-mail: [renatoeliseu@gmail.com](mailto:renatoeliseu@gmail.com)

<sup>2</sup> Especialista em pela Esalq/USP. Brasil. E-mail: [diana.yukie@br.ey.com](mailto:diana.yukie@br.ey.com)

No contexto brasileiro, o setor de seguros tem experimentado um crescimento constante, acompanhando o desenvolvimento econômico e a conscientização sobre a importância da proteção financeira.

Esta proteção financeira é dada pela solvência do mercado segurador, a capacidade das seguradoras de assumir e honrar seus compromissos financeiros perante os segurados. A solvência garante que a seguradora prossiga operando, honrando os compromissos assumidos com segurados e beneficiários. Essa capacidade de honrar com suas obrigações é possível apenas se a seguradora estiver financeira e atuarialmente solvente (Costa, 2019).

A Superintendência de Seguros Privados (SUSEP) é o órgão regulador do segmento de seguros e define níveis mínimos de solvibilidade para assegurar que as seguradoras mantenham capital suficiente para cobrir riscos assumidos. A solvência é um indicador de saúde financeira e de conformidade com tais regulamentos.

O mercado de seguros no Brasil é dividido pela SUSEP em segmentos, considerando planos e produtos em seguros, previdência complementar aberta, capitalização e Microseguros. Entre estes segmentos o mais popular é o de automóvel, que inclui a proteção do veículo, acidentes pessoais, assistências, entre outros (Silva, 2023).

Uma das variáveis consideradas na análise de solvência é a sinistralidade (Costa, 2019). A sinistralidade é entendida como a relação entre os sinistros ocorridos e os prêmios recebidos pelas seguradoras, é um indicador essencial para as seguradoras avaliarem a saúde de seus negócios. É um tema central no mercado de seguros, sendo uma medida essencial para compreender o equilíbrio financeiro e a sustentabilidade das seguradoras.

No entanto, o advento da pandemia da Covid-19 em 2020 gerou mudanças significativas nos padrões de sinistralidade, influenciando não apenas a saúde e a vida das pessoas, mas também distintos segmentos de seguros como o de automóveis, residenciais e empresariais. Este cenário pautado por incertezas trouxe impactos significativos e, em muitos casos, inéditos para as seguradoras brasileiras, requerendo análises detalhadas para compreensão e tomada de decisões estratégicas. Portanto, entender as causas subjacentes da sinistralidade é fundamental para otimizar as operações das seguradoras e para oferecer serviços mais competitivos e eficazes aos clientes.

A capacidade de prever sinistros é fundamental no s etor de seguros, pois permite às seguradoras recomendar a apólice de seguro mais adequada para cada cliente em potencial. Erros na previsão de sinistros podem resultar em elevação dos preços desnecessárias (Abdelhadi et al. , 2020). Como consequência, pode trazer riscos e perdas para as seguradoras.

A sinistralidade tem impacto direto na precificação do seguro pela seguradora e é um dos principais desafios. As bases de dados utilizadas para efetuar as análises de dados dos clientes são grandes e as seguradoras usualmente trabalham com métodos tradicionais de análise de dados (Abdelhadi et al, 2020). Conforme dados obtidos no sítio eletrônico da Superintendência Brasileira de Seguros Privados (SUSEP) a sinistralidade média das seguradoras existentes no Brasil entre 2017 e 2023 foi de aproximadamente 47%, o que indica que quase a metade das receitas são utilizadas para pagamento de sinistros.

Com o advento de Data Science e Analytics, o setor de seguros tem uma oportunidade única de aproveitar os enormes volumes de dados disponíveis para obter insights valiosos e aprimorar a compreensão da sinistralidade.

O acesso cada vez maior a dados e o progresso contínuo das tecnologias de análise de dados transformara a compreensão da sinistralidade no mercado de seguros (Guilarte et al , 2018).

As ferramentas de data science e analytics permitem a identificação de padrões, o desenvolvimento de modelos preditivos e a extração de insights valiosos a partir de conjuntos de dados complexos. Essas técnicas podem revelar correlações entre variáveis, tendências temporais e até mesmo fatores de risco que não seriam facilmente perceptíveis por meio de métodos tradicionais (Lima, 2021).

Por sua vez, a escolha do uso do software R como ferramenta de análise se fundamenta em suas qualidades enquanto software livre de análise estatística e programação gráfica. O R possui uma ampla gama de pacotes para análise de dados, que permitem a elaboração de modelos estatísticos sofisticados, de maneira que possam oferecer insights significativos para a análise proposta (Guilarte et al, 2018)

O objetivo deste estudo é analisar a sinistralidade no mercado de seguros brasileiro nos períodos antes, durante e após a pandemia de COVID-19, por meio de uma metodologia de análise de dados de séries temporais. Pretende-se realizar uma investigação detalhada e fundamentada em dados históricos para compreender as dinâmicas e as tendências de sinistralidade em diferentes contextos temporais. Este trabalho busca contribuir para o entendimento aprofundado das variações na sinistralidade provocadas por mudanças econômicas e sociais significativas, oferecendo insights valiosos para a gestão de riscos e a tomada de decisões estratégicas por parte dos stakeholders do mercado de seguros brasileiro.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A previdência e o seguro são atividades econômicas profundamente enraizadas na história da humanidade, refletindo a necessidade intrínseca de proteção e conservação. Segundo Martins (2005), o termo "seguro" deriva do latim e significa "livre de angústia", ilustrando o desejo humano de se resguardar contra eventos imprevistos e a perda de bens materiais. Ribeiro (1994) acrescenta que, desde os tempos antigos, as sociedades desenvolveram formas primitivas de proteção contra desastres futuros, como naufrágios, e mecanismos de auxílio mútuo para amparar famílias em caso de acidentes.

Essas práticas rudimentares evoluíram ao longo dos séculos, culminando no desenvolvimento do mercado de seguros. A história do seguro está intrinsecamente ligada ao conceito de mutualismo, onde grupos de indivíduos ou entidades se unem para compartilhar riscos e proteger uns aos outros contra perdas potenciais. O mutualismo é um dos pilares fundamentais sobre os quais o setor de seguros foi construído e continua a ser uma força importante na indústria de seguros moderna.

O mutualismo no seguro pode ser rastreado até as antigas sociedades agrárias, onde comunidades compartilhavam recursos para ajudar membros que sofriam perdas devido a desastres naturais ou outros eventos infortúnios. Este conceito evoluiu para associações mais formais na Babilônia, Grécia e Roma, onde comerciantes e proprietários de navios criavam fundos comuns para cobrir perdas no transporte marítimo (Belluci, 2010).

A introdução da moeda foi um marco crucial que permitiu a configuração do seguro como uma atividade econômica formal (Sanson, 1990). Os habitantes da ilha de Rhodes, por exemplo, instituíram a "Lei de Rhodes", Séc II a.C, que previa a compensação coletiva por perdas no comércio marítimo, um precursor do seguro moderno (Nascentes, 1989).

A primeira apólice de seguro documentada remonta a 1385, em Piza, um centro importante da atividade marítima europeia. O desenvolvimento do seguro marítimo, especialmente após a descoberta das Américas, impulsionou a criação da Companhia das Índias Orientais, a primeira sociedade por ações registrada. No Brasil, a atividade seguradora começou a ganhar forma com a fundação da Companhia de Seguros Boa Fé na Bahia, em 1808, após a abertura dos portos às nações amigas (Sanson, 1990).

O século XIX marcou o início do desenvolvimento mais estruturado do mercado de seguros no Brasil, impulsionado pelo crescimento econômico e o aumento da demanda por serviços de seguro (Pereira, 2004). A regulamentação formal dos seguros no Brasil teve um avanço significativo em meados de 1850, quando a atividade deixou de ser regida pelas leis portuguesas e passou a ser regulamentada localmente, com o "Código Comercial Brasileiro"

estimulando a criação de novas seguradoras que passaram a operar em ramos além do seguro marítimo, como o seguro terrestre e de vida (Galiza, 2000).

A regulamentação continuou a se fortalecer com a criação da Superintendência Geral de Seguros em 1901, pelo Decreto-Lei nº 4.270, conhecido como Regulamento Murtinho, que formalizou a supervisão das operações de seguros no país (Galiza, 2000). Posteriormente, em 1916, o Código Civil Brasileiro incluiu disposições específicas para regular os seguros, exceto os marítimos, que já estavam sob o domínio do Código Comercial (Oliveira, 2005).

O mercado segurador nacional foi efetivamente estruturado em 1939, quando o número de seguradoras brasileiras aumentou significativamente e as estrangeiras foram obrigadas a se adaptar às leis locais (Bernstein, 1997). Para proteger os interesses nacionais, a Lei nº 294 de 1895 foi promulgada, garantindo que os recursos financeiros das sucursais estrangeiras fossem aplicados no Brasil, evitando a transferência desses fundos para suas matrizes (Alvim, 1999).

A partir de 1966, com a criação do Sistema Nacional de Seguros Privados, incluindo o Conselho Nacional de Seguros Privados (CNSP) e a Superintendência de Seguros Privados (SUSEP), a regulação das operações de seguros e resseguros no Brasil se intensificou (Magalhães, 1997). Essa estrutura regulatória consolidou o mercado, permitindo a desregulamentação gradual e a abertura do setor ao capital estrangeiro, o que impulsionou a modernização e o crescimento do mercado segurador brasileiro

Atualmente o Sistema Nacional de Seguros Privados no Brasil é composto pelo Conselho Nacional de Seguros Privados (CNSP), a SUSEP, resseguradores, seguradoras, entidades de capitalização e previdência complementar, e corretores habilitados. A organização hierárquica e as funções dessas entidades garantem a regulação e fiscalização do mercado de seguros, promovendo a inclusão securitária e a qualidade no atendimento ao consumidor .

A Superintendência de Seguros Privados (SUSEP) atua como a entidade reguladora do setor de seguros no Brasil, estabelecendo requisitos mínimos de solvência para garantir que as seguradoras disponham de capital adequado para cobrir os riscos que assumem. A solvência, nesse contexto, funciona como um indicador da saúde financeira das empresas e da conformidade com as regulamentações estabelecidas.

O mercado de seguros no Brasil, sob a supervisão da SUSEP, é segmentado em diferentes áreas, como seguros, previdência complementar aberta, capitalização e microsseguros. Dentre esses segmentos, o seguro de automóveis é o mais popular, abrangendo a proteção do veículo, seguros contra acidentes pessoais, serviços de assistência, entre outros (Silva, 2023).

O mercado de seguros no Brasil é um dos mais importantes da América Latina e tem experimentado um crescimento significativo nas últimas décadas. Este mercado é diversificado e abrange uma ampla gama de produtos, incluindo seguros de vida, saúde, automóveis, residenciais, de propriedade, de viagem, agrícolas, entre outros.

Esse crescimento significativo, foi impulsionado pela expansão econômica e pelo aumento da conscientização sobre a importância do seguro. Seguros de automóveis, vida e saúde são os segmentos mais proeminentes, com o seguro de automóveis ocupando uma posição de destaque devido à extensa frota de veículos do país (Fontes & Tojal, 2013).

Apesar do crescimento, o mercado de seguros brasileiro ainda enfrenta desafios, como a baixa penetração de seguros em comparação com outros países e a necessidade de ampliar a inclusão de seguros na população. As inovações tecnológicas, como as insurtechs, estão transformando o setor, oferecendo oportunidades para melhorar a eficiência, personalizar produtos e serviços e alcançar novos clientes.

A solvência é um indicador crítico da saúde financeira de uma seguradora. A gestão de riscos é fundamental para manter a solvência, envolvendo a identificação, avaliação e mitigação de riscos que podem afetar a capacidade da seguradora de pagar sinistros. (Chan et al) As práticas de gestão de riscos incluem a diversificação de portfólios, a reavaliação de políticas de subscrição e a utilização de resseguros para transferir parte do risco.

A sinistralidade é um indicador essencial no setor de seguros, que mede a relação entre os sinistros ocorridos e os prêmios recebidos pelas seguradoras. Este indicador, também conhecido como "loss ratio", é fundamental para avaliar a saúde financeira e a sustentabilidade das empresas de seguros. Uma sinistralidade mais baixa geralmente indica que uma seguradora está gerenciando bem os riscos e mantendo um processo de subscrição eficiente, o que contribui para uma maior estabilidade financeira e lucratividade (Ritho, 2023).

A gestão da sinistralidade é um aspecto central no mercado de seguros, pois uma alta sinistralidade pode ter um impacto negativo significativo na estabilidade financeira das seguradoras. Como tal, ferramentas de previsão e ajustes para inflação são cruciais para uma análise precisa deste indicador. Além disso, regulamentações que impõem limites à sinistralidade demonstram o impacto potencial que essas medidas podem ter no desempenho financeiro das seguradoras, especialmente no mercado individual, onde elas podem resultar na redução de custos administrativos e margens operacionais (Cummins et al, 2006; Wongsuwatt et al., 2020).

De acordo com Ritho (2023), existe uma relação negativa significativa entre sinistralidade e lucratividade nas seguradoras de não-vida. Portanto, reduzir a sinistralidade

através de melhores funções de subscrição e políticas de gestão de riscos pode melhorar substancialmente a lucratividade das seguradoras. Isso demonstra que a sinistralidade não é apenas um reflexo do desempenho passado, mas também um indicador crucial para o planejamento estratégico e a sustentabilidade a longo prazo das empresas de seguros.

Por sua vez a sinistralidade no seguro de carros refere-se à frequência e à gravidade dos sinistros (reclamações) apresentados pelos segurados. Este tema é crucial para as seguradoras, pois influencia diretamente a precificação dos prêmios, a gestão de riscos e a lucratividade. Diversos estudos têm explorado diferentes aspectos da sinistralidade, desde a modelagem estatística até o uso de tecnologias emergentes para melhorar a previsão e a gestão de sinistros. A sinistralidade no seguro de carros é influenciada por uma variedade de fatores, incluindo características do veículo e do motorista, condições climáticas, e comportamento do consumidor.

O capital requerido é determinado pela Superintendência de Seguros Privados (SUSEP) no Brasil, e é baseado em modelos que consideram a natureza e o nível de risco assumido pela seguradora. Os modelos de capital baseados em risco são projetados para garantir que as seguradoras mantenham capital suficiente para absorver perdas significativas, protegendo os segurados e o sistema financeiro como um todo (Fernandes et al, 2017).

A sinistralidade afeta diretamente o capital requerido, pois sinistros mais frequentes ou severos podem esgotar as reservas de uma seguradora. Portanto, é crucial monitorar e prever a sinistralidade para manter a adequação de capital. Técnicas atuariais e modelos estatísticos são utilizados para estimar a sinistralidade futura e ajustar o capital necessário (Braga, 2014).

Eventos catastróficos, como desastres naturais (terremotos, furacões, inundações), pandemias ou grandes acidentes industriais, podem ter um impacto profundo na sinistralidade e no capital requerido pelas seguradoras. Esses eventos geralmente resultam em um grande número de sinistros em um curto período de tempo, o que pode levar a perdas significativas para as companhias de seguros.

Eventos catastróficos geralmente resultam em um aumento súbito e substancial no número de sinistros apresentados, o que eleva a sinistralidade. Além do aumento na frequência, a gravidade dos sinistros também tende a ser maior, com custos de indenização significativamente mais altos por sinistro. Diferentemente dos sinistros rotineiros, que são relativamente independentes, os sinistros decorrentes de eventos catastróficos estão correlacionados, afetando um grande número de segurados simultaneamente.

As seguradoras precisam manter reservas de capital mais robustas para garantir que possam cobrir as perdas inesperadas e evitar a insolvência. Após um evento catastrófico, as

seguradoras podem precisar reavaliar seus modelos de risco para refletir a nova realidade e ajustar o capital requerido. Para compensar o aumento do capital requerido e a maior percepção de risco, as seguradoras podem aumentar os prêmios de seguros, especialmente em áreas propensas a desastres.

As seguradoras frequentemente recorrem ao resseguro e aos mercados de capitais (por exemplo, através de títulos de catástrofe) para transferir parte do risco associado a eventos catastróficos (Braga, 2014). Uma carteira geograficamente diversificada pode ajudar a mitigar o impacto de eventos catastróficos que afetam uma região específica. As seguradoras podem desenvolver planos de contingência e estratégias de resposta a desastres para gerenciar eficientemente os sinistros em caso de eventos catastróficos.

Eventos catastróficos são um lembrete da importância da gestão de riscos e da solidez financeira no setor de seguros. As seguradoras devem estar preparadas para absorver perdas significativas e continuar operando para atender às necessidades de seus segurados.

### **3. METODOLOGIA**

Uma série temporal é um conjunto de dados coletados em ordem sequencial ao longo do tempo, a variável tempo pode ser suprimida por outra, como localização geográfica, profundidade, entre outros. (Ehlers, 2007; Santos, 2022)

Existem vários objetivos na análise de séries temporais, incluindo a exploração do processo gerador da série, a previsão de valores futuros, a descrição do comportamento da série, ou a busca por prioridades relevantes nos dados. Geralmente, o objetivo é construir modelos probabilísticos (onde os documentos são classificados pela sua estimativa de probabilidade de relevância) ou modelos estocásticos (um conjunto de variáveis aleatórias que representam a progressão de um sistema de valores ao longo do tempo) com base nessas análises. (P. Santos, 2012; Santos, 2022)

Os dados analisados foram obtidos de fonte secundária no sítio eletrônico da SUSEP, órgão responsável pela regulação e fiscalização do mercado de seguros no Brasil, que disponibiliza dados sobre prêmios e sinistros do mercado de seguros de automóvel no Brasil. Dados estes que são enviados para SUSEP obrigatoriamente a cada mês (Guilarte et al, 2018). Foram obtidas duas bases de dados, a primeira contém informações sobre apólices, períodos das emissões, valores cobrados, entre outros. A segunda possui informações sobre os sinistros informados pelos segurados no mesmo período.

Para iniciar a transformação dos dados para análise, faz-se necessário entender como a base é estruturada. (Hafany & Ming, 2021). Os dados obtidos são compostos por valores de



prêmios, indenizações, datas de aviso, datas de emissão, entre outros, segregados por apólice. Esses dados foram obtidos em formato .csv. Para este artigo, foram utilizados dados dos anos de 2019 a 2023, contendo tamanho aproximado de 6.7 GB.

A análise dos dados foi realizada em duas etapas. Na primeira etapa, foi realizada uma análise exploratória dos dados para entender a distribuição e a tendência da sinistralidade no período em análise. Na segunda etapa, foi realizada uma análise de série temporal para entender o impacto da pandemia na tendência de sinistralidade.

Todos os procedimentos éticos relacionados ao uso de dados públicos foram seguidos, de acordo com as diretrizes da universidade. Todos os dados usados são anônimos, não contêm informações pessoais e são de domínio público.

Para preparação e análise desses dados foi utilizada a ferramenta “Software R”, ferramenta simples e de fácil utilização (Lima, 2021). No “Software R”, utilizou-se o pacote “dplyr”, contido no “tidyverse”, para filtrar, agrupar, resumir e transformar dados, antes de efetuar a análise de sinistralidade. Este pacote oferece um conjunto de funções para manipulação eficiente de conjuntos de dados, como seleção, filtragem, ordenação, agregação e modificação de variáveis. Foi crucial para limpar, organizar e manipular o conjunto de dados para análise.

Para efetuar a análise dos dados no Software R, os seguintes passos foram executados:

(i) Análise e instalação dos pacotes no Software R.

Primeiro, é criada uma lista chamada "pacotes" que contém os nomes de todos os pacotes necessários para o projeto. Estes incluem "readxl", "tidyverse", "gridExtra", "forecast", "TTR", "smooth", "tsibble", "fable", "tsibbledata", "fpp3" e "urca".

Em seguida, o código verifica se cada um dos pacotes listados já está instalado. Isso é feito comparando a lista de pacotes necessários com a lista de pacotes já instalados no sistema. Se algum dos pacotes necessários não estiver instalado, ele será identificado para instalação.

Se houver pacotes que não estão instalados, o código entra em um loop para instalar cada um desses pacotes. Durante a instalação, ele também garante que todas as dependências necessárias para cada pacote sejam instaladas (dependencies = T). O loop é interrompido após a primeira iteração devido ao comando break().

Após a verificação e possível instalação dos pacotes, o código usa a função supply para carregar automaticamente todos os pacotes listados, independentemente de terem sido recém-instalados ou já estarem instalados. A opção character = T indica que os nomes dos pacotes são fornecidos como caracteres.

(ii) Importação da base de dados:

A função “read.csv” foi usada para importar dados de um arquivo CSV para um objeto de data frame do R. Foi realizada a leitura de dois arquivos CSV, "S\_AUTO\_2023A.csv" e "R\_AUTO\_2023A.csv", que contêm dados relacionados a seguros. Para ambos os arquivos, foi utilizado o separador de campos vírgula (,) e o codificador de caracteres "latin1". Os dados lidos do primeiro arquivo foram armazenados na variável seguros, enquanto os dados do segundo arquivo foram armazenados na variável seguros2. Este procedimento permite o acesso e manipulação dos dados contidos nos arquivos CSV no ambiente R.

(iii) Manipulação de dados:

Para melhorar a eficácia do modelo, é necessário tratar os dados brutos, que podem apresentar inconsistências e falta de valores, é crucial realizar um pré-processamento desses dados (Abdelhadi et al, 2020). Neste sentido, após importar os dados, foi utilizado o pacote *dplyr* para filtrar, transformar e resumir os dados.

Este pacote faz a seleção de colunas específicas de dois conjuntos de dados previamente carregados, que estão armazenados nas variáveis seguros e seguros2. No primeiro conjunto de dados (seguros), são selecionadas as colunas "D\_AVI\_1" e "INDENIZ". No segundo conjunto de dados (seguros2), são selecionadas as colunas "DATA\_EMIS\_1" e "PRE\_CASCO". Após a seleção, os subconjuntos de dados resultantes, contendo apenas as colunas especificadas, são armazenados novamente nas variáveis seguros e seguros2, respectivamente. Este procedimento é útil para focar a análise em apenas algumas colunas de interesse dentro de um conjunto de dados maior.

Já a função “select” realiza a conversão de tipos de dados de colunas específicas em dois data frames, seguros e seguros2, para o tipo numérico. Este processo é feito em duas etapas para cada coluna: primeiro, os valores são convertidos para o tipo caractere (string) usando `as.character()`, e em seguida, são convertidos para o tipo numérico com `as.numeric()`. Especificamente, as colunas convertidas são:

No data frame seguros, as colunas "INDENIZ" e "D\_AVI\_1" são convertidas para numérico.

No data frame seguros2, as colunas "PRE\_CASCO" e "DATA\_EMIS\_1" são convertidas para numérico.

Essa conversão pode ser necessária quando os dados são importados ou lidos de uma fonte externa (como um arquivo CSV) e o R automaticamente atribui um tipo de dado que não é o mais adequado para análises numéricas subsequentes. Converter os dados para o tipo numérico permite realizar operações matemáticas e estatísticas com essas colunas.

Após, foi retirado do *dataset* campos inconsistentes, evitando interferências nas análises realizadas, desconsideradas as observações com os valores zerados ou em branco, utilizando a função “filter”.

A função efetuou a limpeza dos conjuntos de dados seguros e seguros2 ao remover as linhas que contêm valores vazios ou a palavra "NA" nas colunas "INDENIZ" e "PRE\_CASCO", respectivamente. Isso ajuda a garantir que os dados usados nas análises sejam válidos e não contenham entradas vazias ou marcadas como ausentes de forma inadequada.

Posteriormente, foi efetuada a análise agrupada por período com a função“groupby”.

Esta função organizou e resumiu as informações dos dois conjuntos de dados, seguros e seguros2. No primeiro conjunto, seguros, foram agrupados os dados pela data do aviso de sinistro (D\_AVI\_1) e, para cada grupo, foi calculado o total pago em indenizações (total\_sin) e contado o número de sinistros (n\_obs).

No segundo conjunto, seguros2, foi feito algo similar, no entanto o agrupamento dos dados foi feito pela data de emissão (DATA\_EMIS\_1). Para cada grupo, foi calculado o total do prêmio do casco (total\_pre) e contado o número de observações (n\_obs).

Essencialmente, a função resumiu quanto foi pago e quantos casos existem para cada data específica nos dois conjuntos de dados.

Após realizados os tratamentos acima, foi necessário ajustar as datas para formato de data e renomear os campos de data dos *dataset* para que fosse possível juntar as bases posteriormente

(iv) Unificação das bases:

Foi utilizada a função “Join” para efetuar a junção dos *dataset* a fim de possibilitar o cálculo de sinistralidade, seleção dos campos necessários e limpeza dos valores em branco

Por fim, para iniciar a análise dos dados foi criado o campo de sinistralidade, composto pela divisão do valor da indenização pelo valor do prêmio

(v) Criar campo de sinistralidade

Utilizando uma fórmula simples de divisão, foi efetuado o cálculo da sinistralidade para um conjunto de dados chamado seguros\_join e depois filtrado esse conjunto para manter apenas os registros onde a sinistralidade é maior que zero.

Primeiro, foi feita uma nova coluna chamada "sinistralidade" dividindo o total de indenizações pagas (total\_sin) pelo total de prêmios recebidos (total\_pre). Isso resulta em uma medida de sinistralidade para cada registro no conjunto de dados.

Depois, o código remove do conjunto de dados seguros\_join todos os registros onde o valor da sinistralidade é zero ou negativo, mantendo apenas os registros com valores positivos de sinistralidade.

No presente estudo, foi utilizada a biblioteca ggplot2 para a visualização de dados, uma ferramenta amplamente adotada em análise de dados que implementa a visualização gráfica no ambiente de programação R. O ggplot2 é uma biblioteca que facilita a criação de gráficos estatísticos complexos e esteticamente agradáveis. Ele se baseia na "Gramática de Gráficos", uma abordagem que permite aos analistas de dados construir visualizações passo a passo, definindo como os dados devem ser mapeados em atributos visuais como cor, forma e tamanho. Além disso, o ggplot2 permite a incorporação de unidades geométricas, como barras, linhas e pontos, e a aplicação de transformações estatísticas para resumir ou organizar os dados de maneira significativa. Essa metodologia sistemática e modular confere ao ggplot2 sua notável flexibilidade e poder na exploração gráfica de dados. Esta ferramenta se destaca pelo seu design inovador, baseado em uma abordagem sistemática para a construção de gráficos, que envolve a definição de mapeamentos estéticos, unidades geométricas e transformações estatísticas.

O ggplot2 oferece um alto grau de flexibilidade e customização, permitindo a geração de gráficos complexos de maneira intuitiva e eficiente. A sintaxe coerente fundamenta-se na adição de camadas que podem incluir pontos, barras, linhas, entre outras formas geométricas, sobrepostas à estética de mapeamento de dados. Além disso, a biblioteca permite a manipulação de escalas para aperfeiçoar a precisão visual dos elementos gráficos, bem como a utilização de temas e facetas para aprimorar a apresentação e comparar subgrupos de dados simultaneamente.

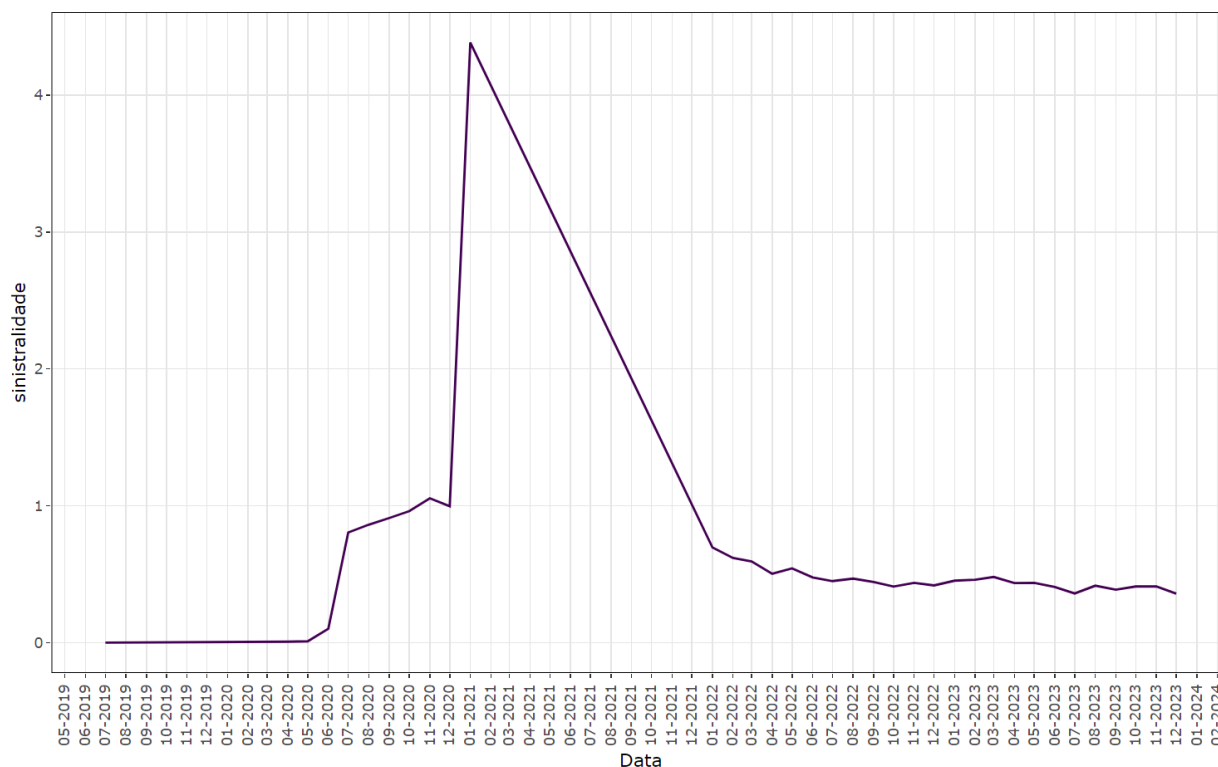
A escolha do ggplot2 foi motivada pela sua capacidade de produzir visualizações claras e informativas, fundamentais para a interpretação dos resultados obtidos. Isso é particularmente relevante para a comunicação eficaz de descobertas científicas, onde a precisão e a estética não são meramente detalhes, mas instrumentos essenciais para a narrativa de dados. Com o apoio desta ferramenta, foi possível explorar visualmente a distribuição e relações entre as variáveis estudadas, o que contribuiu para a robustez e transparência da análise.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O presente estudo analisou a tendência de sinistralidade no mercado de seguros de automóvel antes, durante e depois da pandemia de Covid-19 utilizando dados mensais de janeiro de 2019 a dezembro de 2023. Como já mencionado, as análises foram conduzidas no software R e as visualizações de dados produzidas pelo pacote ggplot2. Observou-se uma notável flutuação na taxa de sinistralidade ao longo do período em estudo, com variações que

parecem não estar coerentes com os lockdowns impostos e o conseqüente decréscimo no volume de tráfego. Os resultados foram visualizados através de gráficos de linhas segmentados por mês, conforme a Figura 1:

Figura 1 – Evolução da sinistralidade



Fonte: Dados da pesquisa.

Por meio do gráfico obtido é possível observar que a partir do segundo semestre de 2020 até o início de 2021, o índice de ocorrência de sinistros aumentou exponencialmente, o que foi contra as expectativas para o segmento de seguros de automóveis, uma vez que neste período, houve o aumento do confinamento. Após o período de pandemia é possível notar que o nível de sinistralidade caiu significativamente, no entanto, o volume ainda é maior que o período que precede a pandemia. Seria parte de novo estudo identificar os motivos que levaram a sinistralidade apresentar índices ao contrário do esperado para o período de pandemia. A subsequente recuperação dos índices de sinistralidade pode refletir não apenas o aumento do fluxo de veículos, mas também mudanças nos padrões de comportamento dos motoristas e potenciais efeitos econômicos associados à pandemia.

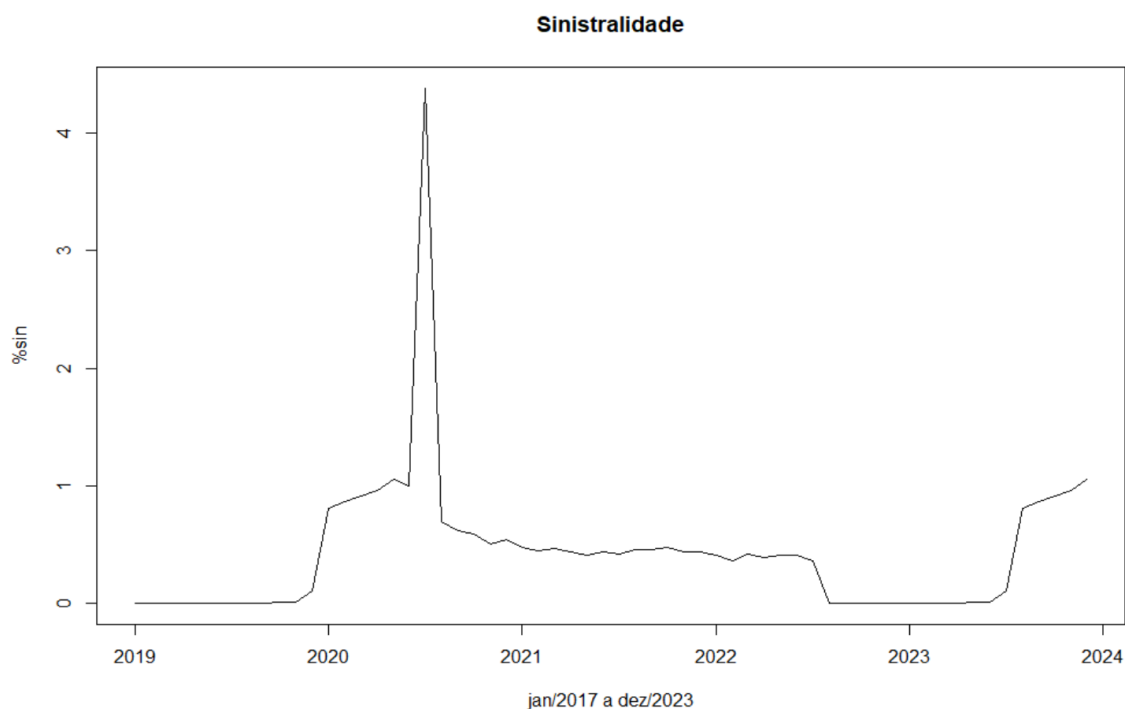
Com o tratamento da base realizado conforme sessão anterior, deu início a decomposição das séries temporais. Foi definido o *dataset* “seguros” como um *time series*

(comando ts), considerando todo o período do banco de dados (janeiro de 2019 a dezembro de 2023) e com frequência anual.

Séries temporais constituem um conjunto de observações realizadas em intervalos de tempo sucessivos e são frequentemente usadas para analisar tendências e padrões em dados ao longo do tempo. No contexto do presente estudo, a plotagem de séries temporais foi empregada para visualizar a evolução da sinistralidade no mercado de seguros de automóvel, o que possibilitou a detecção e interpretação das tendências associadas ao período da pandemia Covid-19.

Com a plotagem da série temporal pode-se observar que houve picos de sinistralidade entre 2020 e 2021, com estabilização em 2022 e tendência de novo aumento em 2024, conforme Figura 2:

Figura 2 – Séries temporais da sinistralidade



Fonte: Dados da pesquisa

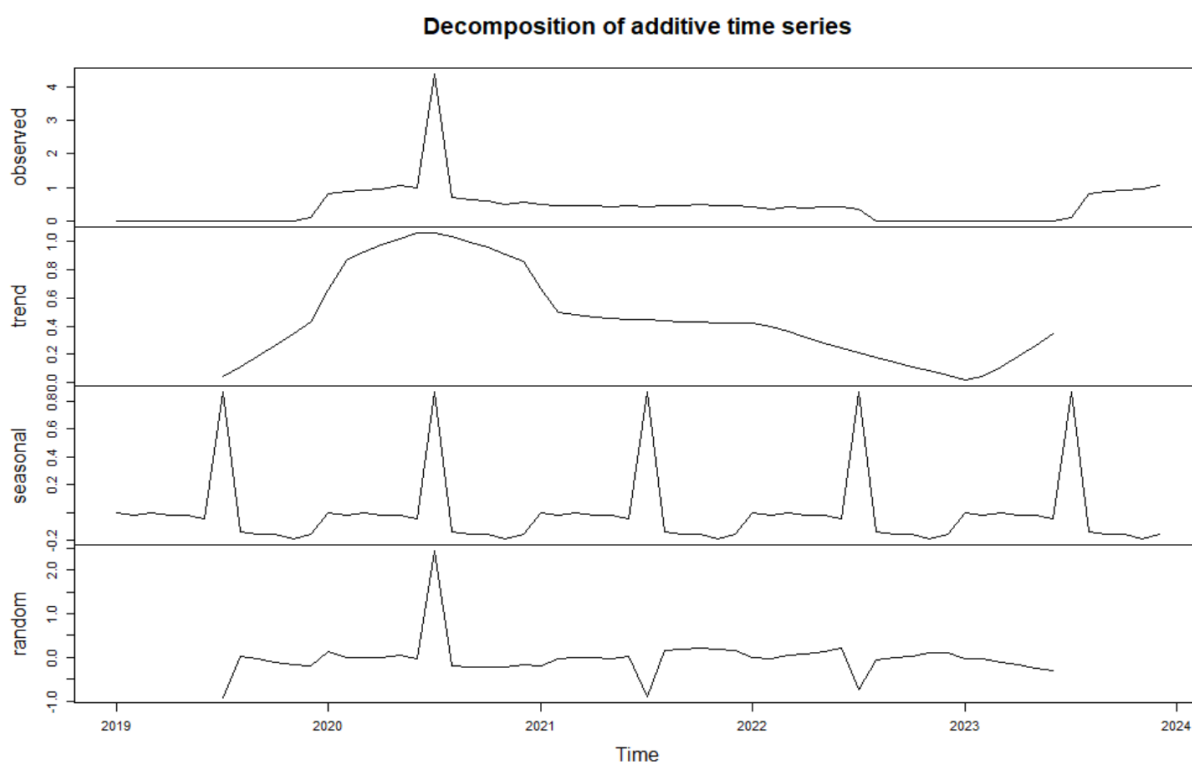
O gráfico anterior foi realizado através do comando “plot”, utilizando como pacote o *plotly*. Considerando-se no eixo x período de janeiro/2017 a dezembro/2023 e no eixo y a variável de “%sin”.

No contexto deste estudo, a decomposição de séries temporais foi empregada para desagregar os dados de sinistralidade no mercado de seguros de automóvel em suas componentes intrínsecas. O processo envolve a separação da série em componentes de tendência, sazonalidade e irregularidade (resíduos), permitindo uma análise mais pormenorizada dos fatores subjacentes que afetam as oscilações observadas.

A visualização do componente de tendência foi particularmente útil para compreender como a pandemia de Covid-19 e as intervenções correlatas afetaram a linha de base da sinistralidade no mercado de seguros de automóvel. Já a observação da sazonalidade auxiliou na identificação de padrões recorrentes anuais que, mesmo em meio à pandemia, mantiveram certa regularidade, como movimentações mais intensas em períodos de feriados. Os resíduos destacaram eventos ou variações anômalas que não foram capturados pelas tendências desenvolvidas.

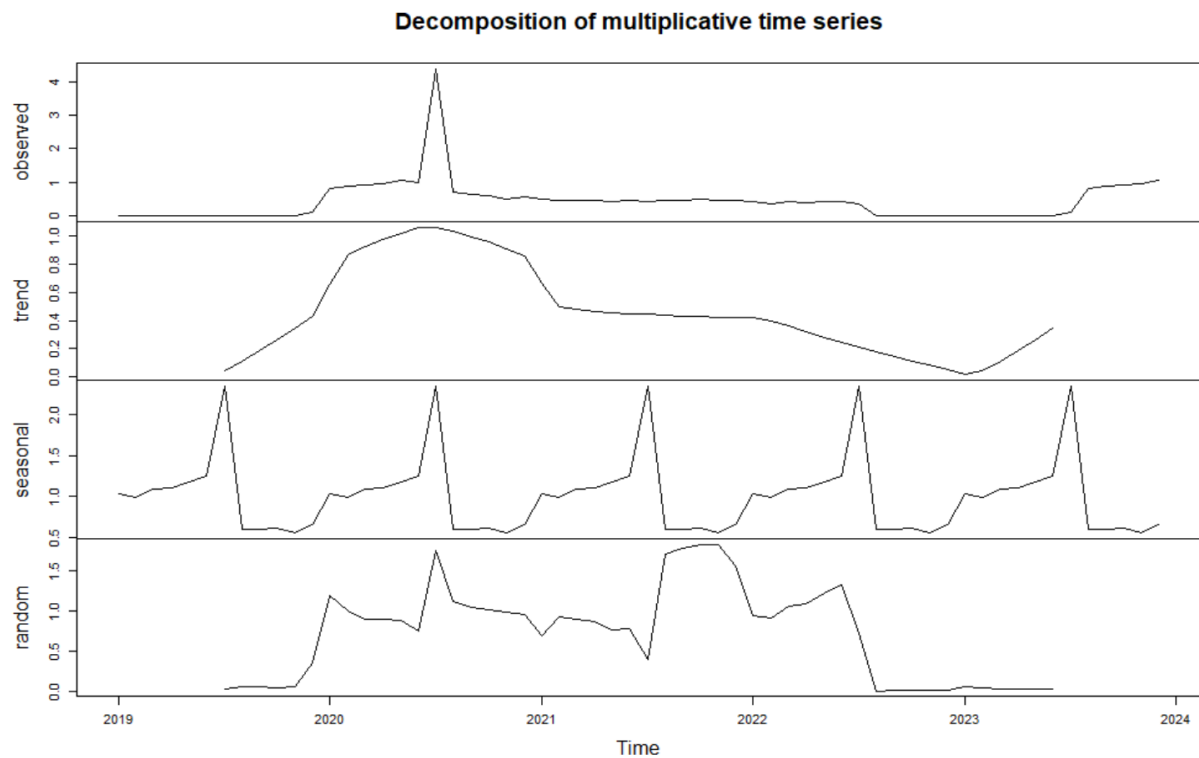
O modelo de decomposição de séries temporais é selecionado com base na natureza dos dados e no relacionamento entre os componentes da série. No modelo aditivo, presume-se que os componentes da série podem ser somados para reconstruir a série original, conforme Figura 3. No modelo multiplicativo, presume-se que os componentes interagem de forma multiplicativa. Este último é frequentemente mais adequado quando a amplitude dos padrões sazonais ou a variabilidade dos dados aumenta ao longo do tempo, conforme Figura 3 e Figura 4.

Figura 3 – Decomposição da série temporal aditiva



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 4 – Decomposição da série temporal multiplicativa



Fonte: Dados da pesquisa

Ao aplicar esses modelos no estudo da sinistralidade durante a pandemia de Covid-19, é possível distinguir claramente as alterações de comportamento e atividade sazonal das variações de longo prazo ou tendências. Por exemplo, uma queda na tendência de sinistralidade poderia ser identificada durante os meses de lockdown mais severo, ao passo que a componente sazonal poderia revelar reduções durante os meses tipicamente associados a feriados ou eventos sazonais.

A partir da análise de séries temporais é possível notar que a tendência nos dois modelos era de que houvesse queda em 2023 e que a sinistralidade voltasse aos níveis logo após a pandemia. Aparenta haver uma sazonalidade em determinados períodos do ano, que pode ser estudada em outros trabalhos considerando os períodos que mais ocorrem renovações.

As conclusões provenientes desta análise ajudam a esclarecer as dinâmicas específicas da sinistralidade no mercado de seguro de automóveis em tempos extraordinários, como durante a pandemia. As técnicas de decomposição, quando visualizadas corretamente, oferecem percepções valiosas que podem ser fundamentais para formular recomendações para a indústria de seguros e para políticas públicas.

Os gráficos produzidos pelo ggplot2 permitiram uma avaliação clara das tendências ao longo do tempo, facilitando a identificação de correlações temporais com eventos externos,



como políticas públicas de restrição e a fase de reabertura, mesmo que tenha havido aumento da sinistralidade.

Por se tratar de um banco de dados curto (de 2019 a 2023), ficou difícil identificar algum comportamento cíclico.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ficou evidente que a pandemia Covid-19 teve um impacto significativo na sinistralidade no mercado de seguros de automóveis. Esta análise, realizada com o auxílio do software R, mostrou que a tendência de sinistralidade sofreu alterações relevantes devido às mudanças comportamentais e restrições adotadas durante o período pandêmico. Seria possível inferir que a sinistralidade no período de pandemia iria diminuir considerando a baixa circulação de carros, no entanto, nota-se que houve piora da sinistralidade. Essa alteração pode ter ocorrido por conta de uma consequente diminuição na renovação ou compra de novos seguros, reduzindo o valor de prêmios, por conta das restrições de lockdown impostas, perdas de empregos, redução na fonte de renda, o que automaticamente força a população a escolher custos a serem cortados, sendo os seguros uma das opções mais comuns, início da vacinação da população no Brasil. Em contrapartida, não houve a queda de sinistros no nível esperado ou em nível que pudesse impactar para não haver aumento da sinistralidade.

Neste sentido, este estudo não apenas aprofunda a compreensão de como eventos globais podem afetar a indústria de seguros, mas também ressalta a importância do uso de ferramentas analíticas robustas, como o software R, para monitorar e prever tendências de sinistralidade. Isto permite que seguradoras façam ajustes proativos, minimizando perdas e oferecendo melhor serviço aos clientes.

Este estudo contribui para uma compreensão mais aprofundada dos impactos da pandemia na sinistralidade de seguros automotivos e destaca a necessidade de considerar fatores múltiplos e inter-relacionados que afetam o comportamento no trânsito e, por consequência, os índices de sinistros.

No futuro, para continuidade deste estudo seria interessante o monitoramento desta tendência, levando em conta uma série histórica mais robusta, possibilitando uma análise mais longa do comportamento da sinistralidade.

## REFERÊNCIAS

Abdelhadi, S., Elbahnasy, K., & Abdelsalam, M. (2020). *A proposed model to predict auto insurance claims using machine learning techniques*. Helwan University, Cairo, Egypt; Ain Shams University, Cairo, Egypt. Disponível em <https://www.jatit.org/volumes/Vol98No22/8Vol98No22.pdf>. Acesso em 20 de janeiro de 2024.

Alvim, P. (1999). *O contrato de seguro* (3ª ed.). Rio de Janeiro: Forense.

Bellucci, M. O. (2010). *Da aplicação do Código de Defesa do Consumidor aos contratos de seguro e a quebra do equilíbrio econômico-financeiro* (Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo). Disponível em <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/2/2132/tde-08092011-082514/publico/Marcelo de Oliveira Belluci Dissertacao de Mestrado.pdf>

Bernstein, P. L. (1997). *Desafio aos deuses: A fascinante história do risco* (I. Korytowski, Trad.). Rio de Janeiro: Campus.

Braga, V. H. S. (2014). *Adições à proposta do modelo SUSEP de Risco de Mercado*. Rio de Janeiro: Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas. Disponível em [https://www.fgv.br/fgvenergia/downloads/ADDICOES\\_APRESENTACAO.pdf](https://www.fgv.br/fgvenergia/downloads/ADDICOES_APRESENTACAO.pdf). Acesso em 9 de setembro de 2023.

Chan, B. L., Martins, G. A., & Silva, F. L. (2008). *Novas regras de solvência no mercado segurador brasileiro: Uma reflexão acerca do modelo adotado*. São Paulo: Universidade de São Paulo. Disponível em <https://congressosp.fipecafi.org/anais/artigos82008/296.pdf>. Acesso em 9 de setembro de 2023.

Costa, J. M. C. (2019). *Solvência das seguradoras: Análise temporal da sinistralidade das seguradoras do ramo de viagem no Brasil*. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará. Disponível em <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/61044>. Acesso em 9 de setembro de 2023.

Cummins, J., Lewis, C., & Wei, R. (2006). *The market value impact of operational loss events for US banks and insurers*. *Journal of Banking and Finance*, 30, 2605-2634. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2005.09.015>. Acesso em 9 de setembro de 2023.

Ehlers, R. S. (2007). *Análise de séries temporais*. UFPR. Disponível em <http://www.each.usp.br/rvicente/AnaliseDeSeriesTemporais.pdf>

Fernandes, F. C., Macohon, E. R., & Petry, J. F. (2017). *Elaboração do panorama do mercado segurador brasileiro em relação à regulamentação internacional de solvência*. Florianópolis: UFSC. Disponível em <https://periodicos.ufsc.br/index.php/contabilidade/article/view/2175-8069.2017v14n31p127/34041>. Acesso em 9 de setembro de 2023.

Fontes, J. H., & Tojal, T. (2023). Prospecção de mercado no setor de seguros auto em Sergipe. *Ideias e Inovação*, 1(3), 63-72. Disponível: <https://periodicos.set.edu.br/ideiaseinovacao/article/download/1242/630/3900> . Acesso em 9 de setembro de 2023.

Galiza, F. J. S., Duarte, L., & Hurtado, N. H. (2000). *Dicionário de Seguros* (2ª ed.). Rio de Janeiro: Funenseg.

Guilarte, O. F., Targino, R. S., & Costa, P. G. (2018). *Big data no mercado de seguros de veículos: Estudo de caso para região metropolitana do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Fundação Getúlio Vargas (FGV). Disponível em <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/29325> . Acesso em 9 de setembro de 2023.

Hafany, M., & Ming, R. (2021). *Machine learning approaches for auto insurance big data*. Zhejiang Gongshang University, Hangzhou, China; Assuit University, Assut, Egypt. Disponível em <https://www.mdpi.com/2227-9091/9/2/42> . Acesso em 20 de janeiro de 2024.

Lima, B. F. (2021). *Otimização de desempenho de algoritmo para detecção de outliers em séries temporais*. São Paulo: Universidade Estadual Paulista (Unesp). Disponível em <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/216225> . Acesso em 9 de setembro de 2023.

Magalhães, R. A. (1997). *O Mercado de Seguros no Brasil*. Rio de Janeiro: Funenseg.

Martins, J. M. B. (2005). *Dicionário de Seguros, Previdência Privada e Capitalização* (1ª ed.). Rio de Janeiro: Forense Universitária.

Nascentes, C. O. (1989). A origem do seguro e do resseguro no mundo e sua implementação no Brasil. *Revista IRB*, Publicação Nº 250, jul.-set.

Oliveira, C. M. (2005). *Teoria Geral do Seguro* (Vol. 1). São Paulo: Editora LZN.

Pereira, C. M. S. (2004). *Instituições de Direito Civil* (11ª ed.). Rio de Janeiro: Forense.

Ribeiro, A. A. C. R. (2010). Caracterização do perfil das vítimas de acidente de trânsito com motocicleta, na área de abrangência no PSF Boa Esperança no município de Alfenas/MG (Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Minas Gerais).

Ritho, B. (2023). *The impact of loss ratio on the financial stability of insurance firms in Kenya*. *Journal of Finance and Accounting*. <https://doi.org/10.53819/81018102t4161> . Acesso em 9 de setembro de 2023.

<https://doi.org/10.23925/cafi.72.68113>

Santos, P. T. G. (2016). *Time Series Studio: Uma interface gráfica para análise de séries temporais utilizando R e Shiny*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/183852> . Acesso em 27 de janeiro de 2024.

Santos, R. P. C. (2022). Análise de correlações em séries temporais de acidentes de trânsito e de outras séries. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana. Disponível em <http://tede2.uefs.br:8080/handle/tede/1421> . Acesso em 9 de setembro de 2023.

Sanson, J. A. B. S. (1990). Breve história do seguro. *Caderno de Seguros*, 1(53), 12.

Silva, W. J. G. (2023). Análise de impactos da pandemia de Covid-19 no mercado de seguros de pessoas no Brasil: Uma abordagem atuarial. Recife: Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/50183/1/TCC%20-%20Wilvson%20Joaquim%20Goes%20da%20Silva.pdf> . Acesso em 16 de março de 2024.

Wongsuwatt, S., Thaothampitak, W., Kongjam, N., Ruttanapibool, J., Apacuppakul, R., & Koedkaeo, T. (2020). *The influence of loss ratio on profitability of non-life insurance companies in Thailand: The moderating roles of company type*. *Journal of Community Development Research*, 14, 46-60.