

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS**  
**DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ATUARIAIS**

**ANA ELISA VIEIRA DA SILVA**

**MODELAGEM DA SEVERIDADE EM SEGUROS AGRÍCOLAS PARA AS SAFRAS  
DE FEIJÃO**

**BELO HORIZONTE**  
**2024**

ANA ELISA VIEIRA DA SILVA

**MODELAGEM DA SEVERIDADE EM SEGUROS AGRÍCOLAS PARA AS SAFRAS  
DE FEIJÃO**

Monografia, apresentada ao Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito necessário para a obtenção de título de Bacharel em Ciências Atuariais.

Orientadora: Jussiane Nader Gonçalves

Belo Horizonte  
2024

## RESUMO

O Brasil é um dos maiores exportadores de grãos do mundo. Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), entre 1975 e 2017, a produção de grãos cresceu mais de seis vezes. Além disso, a ONU (Organização das Nações Unidas) classifica o Brasil como o quarto maior produtor mundial de grãos e o segundo maior exportador. Vale mencionar, ainda, o papel geopolítico de destaque do Brasil neste âmbito, uma vez que é do solo brasileiro que parte a segurança alimentar de diversos países do mundo.

De acordo com o Plano Nacional de Desenvolvimento da Fruticultura (PNDF), publicado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento em conjunto com setores privados, o agronegócio brasileiro é um dos setores que mais contribui para o crescimento do PIB nacional, e também é responsável por cerca de 1/4 de toda renda e emprego do país. Vale mencionar, ainda, o papel geopolítico de destaque do Brasil neste âmbito, uma vez que é do solo brasileiro que parte a segurança alimentar de diversos países do mundo.

As condições climáticas e a alta volatilidade de preços são características que tornam o setor agropecuário mais arriscado quando comparado aos de vida e automobilístico, por exemplo. A adoção do seguro é vista, portanto, como uma ferramenta imprescindível tanto para o produtor, quanto para o Governo, ao passo que é capaz de ampliar o desenvolvimento no ramo econômico e fornecer maior segurança para o produtor realizar investimentos na atividade.

Este trabalho tem como objetivo analisar as indenizações do Programa de Seguro Rural das 2 principais safras do feijão, que é um alimento com alto índice nutricional, têm grande importância na geração de receitas dos pequenos produtores familiares e que está presente na alimentação diária das famílias brasileiras.

Desse modo, as análises serão feitas não somente para o estudo da severidade isolada, mas também para compreender o nível de severidade por grupos de risco, ou seja, relacionado com as variáveis explicativas do estudo (UF, Sinistro, Produto e Ano da Apólice). Além disso, também será executada a modelagem referente ao Custo Médio das Indenizações em caso de ocorrência de sinistro, assim, será possível verificar qual modelo estatístico se adequa à base de dados escolhida.

**Palavras-chave:** Seguro Agrícola, Safras do Feijão, Indenizações, Modelos de Regressão.

## SUMMARY

Brazil is one of the largest grain exporters in the world. According to the Brazilian Agricultural Research Corporation (Embrapa), between 1975 and 2017, grain production increased more than sixfold. Additionally, the United Nations (UN) classifies Brazil as the fourth-largest grain producer globally and the second-largest exporter. It is also worth mentioning Brazil's prominent geopolitical role in this context, as the country's soil plays a crucial part in ensuring food security for many countries worldwide.

According to the National Fruit Growing Development Plan (PNDF), published by the Ministry of Agriculture, Livestock, and Supply in conjunction with private sectors, Brazilian agribusiness is one of the sectors that most contributes to the growth of the national GDP and is responsible for about 1/4 of all income and employment in the country. It is also worth mentioning Brazil's prominent geopolitical role in this context, as the country's soil plays a crucial part in ensuring food security for many countries worldwide.

Climatic conditions and high price volatility are characteristics that make the agricultural sector more risky compared to life and automotive sectors, for example. The adoption of insurance is therefore seen as an essential tool for both the producer and the government, as it can enhance economic development and provide greater security for the producer to make investments in the activity.

This work aims to analyze the indemnities of the Rural Insurance Program for the two main bean crops, which are foods with high nutritional value, play a significant role in generating income for small family farmers, and are a staple in the daily diet of Brazilian families.

Thus, the analyses will not only focus on the study of isolated severity but also aim to understand the severity level by risk groups, that is, related to the explanatory variables of the study (State, Claim, Product, and Policy Year). Additionally, modeling will be carried out to assess the average cost of indemnities in the event of a claim, making it possible to determine which statistical model best fits the chosen database.

**Keywords:** Agricultural Insurance, Bean Crops, Indemnities, Regression Models.

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	6
1.1.	SAFRAS BRASILEIRAS .....	7
1.2.	SEGURO AGRÍCOLA .....	9
1.3.	REVISÃO DA LITERATURA .....	10
2.	DADOS DO SEGURO AGRÍCOLA .....	10
3.	METODOLOGIA .....	11
4.	RESULTADOS .....	14
4.1.	ANÁLISE DESCRITIVA .....	14
4.2.	AJUSTE DOS MODELOS DE REGRESSÃO .....	18
5.	CONCLUSÃO .....	22
6.	REFERÊNCIAS .....	22

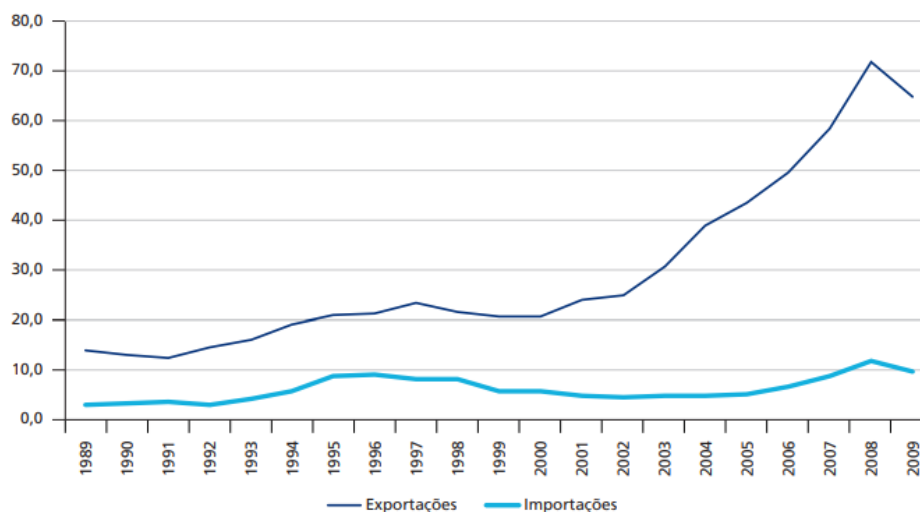
## 1. INTRODUÇÃO

A agricultura teve papel fundamental no desenvolvimento e expansão do país, com a descoberta de terras vastas e inexploradas, os portugueses implantaram o cultivo agrícola como primeira fonte de renda da coroa, e graças a fatores climáticos extremamente favoráveis, o cultivo de lavouras obteve grande êxito financeiro.

Desde a colonização, a produção agrícola do Brasil sempre fora voltada à exportação, no período colonial, a economia agrária era baseada principalmente na monocultura de cana-de-açúcar, com grandes plantações operadas por mão de obra escrava, o país deteve o monopólio até meados do século XVII, após isso o café tornou-se o principal produto da pauta de exportações brasileira.

Somente no final do século XIX e início do século XX é que o Brasil experimentou os efeitos da Revolução Industrial, que alteraram profundamente a agricultura brasileira. Máquinas agrícolas modernas reduziram o trabalho físico e possibilitaram a agricultura em larga escala, o que levou a um aumento exponencial na eficiência da produção. Além disso, a criação de métodos de melhoramento genético melhorou a fertilidade do solo e gerenciou efetivamente pragas, resultando em maiores rendimentos e menores perdas nas colheitas.

A consequência dessas mudanças foi, sobretudo, o aumento significativo das exportações agrícolas. É válido destacar que, ao longo do tempo, as exportações do agronegócio nacional têm seguido uma trajetória de crescimento contínuo (Figura 1). Fica evidenciada, portanto, a importância do setor agrícola no comércio internacional e nacional, visto que as exportações agrícolas foram responsáveis por 42,53% das exportações totais.



**Figura 1. Evolução das exportações e importações do agronegócio brasileiro. (Em US\$ bilhões).**

Fonte: AgroStat Brasil; Secex/MDIC. Elaboração: SRI/DPI/CGOE/Mapa.

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (em inglês, Food and Agriculture Organization – FAO) tem destacado a importância do seguro para aumento da produção de alimentos. Há sete motivos para as preocupações da FAO, são eles:

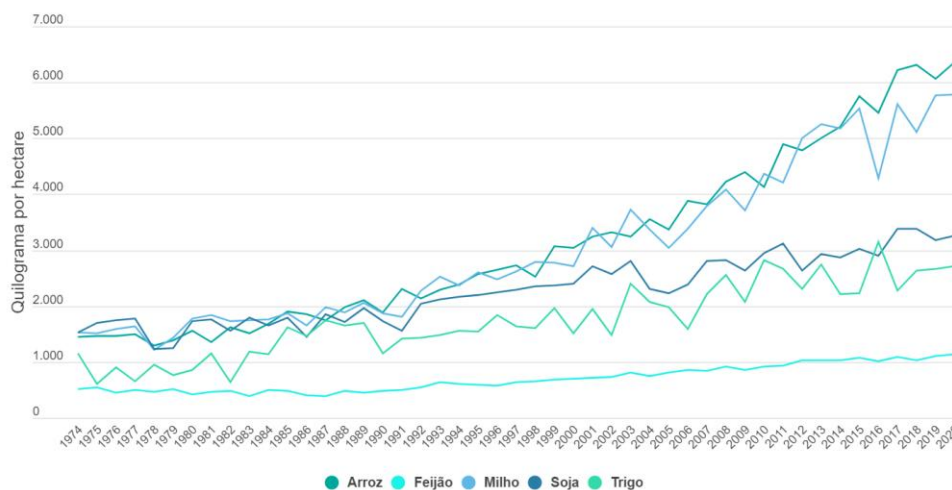
i) aumento da incidência de pragas, de eventos climáticos extremos e de especialização de cultivos em mercados integrados; ii) integração da agricultura com grandes investidores que exigem seguro como redutor de riscos dos contratos; iii) regulamentos da Organização Mundial do Comércio (OMC) aceitando subsídios de governos ao seguro, um tanto ao contrário da orientação geral para a agricultura; iv) incremento de cultivos passíveis de coberturas e novos produtos oferecidos pelas seguradoras; v) introdução acidental de pragas e doenças de um país para outro; vi) expansão de padrões de qualidade e segurança alimentar com proteção ambiental, inclusive com maior controle de fertilizantes, agroquímicos e medicamentos para animais; e vii) liberalização do comércio agrícola levando ao aumento da competição e necessidade de se reduzir riscos Kang (2007).

Apesar de serem classificadas em sete, este trabalho fará sua abordagem em cima de sinistros ocorridos em decorrência de fatores climáticos, classificados inicialmente como: Incêndio, Seca, Inundação/Tromba D'Água, Chuva Excessiva, Granizo, Ventos Fortes/Frios, Geadas, Raios, Variação Excessiva De Temperatura e Demais Causas.

## 1.1. SAFRAS BRASILEIRAS

A trajetória da agricultura brasileira é resultado da combinação de inúmeros fatores. A localidade geográfica do Brasil, por exemplo, é uma enorme vantagem na produção agrícola, uma vez que o país desfruta da abundância de recursos naturais, com extensas áreas de produção e disponibilidade de água, calor e luz, elementos fundamentais para o plantio.

A Figura 2 apresenta a evolução da produtividade dos principais grãos brasileiros: arroz, feijão, milho, soja e trigo. A análise dos produtos destaca o arroz e o milho com maiores produções em quilogramas a cada 1 hectare. O desempenho mais fraco foi do feijão, e, em posições médias, estão a soja e o trigo.

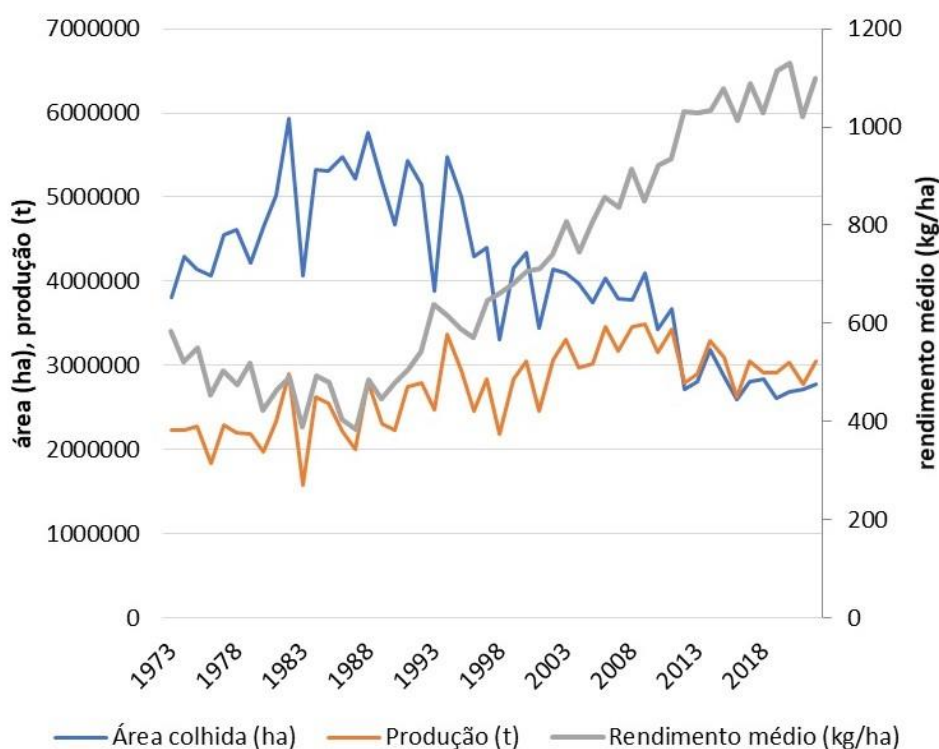


**Figura 2. Evolução da produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo no período de 1974 a 2021.**

Fonte: IBGE (2022c, 2022d).

Além disso, a queda da produtividade do milho em 2021 deve-se à severa seca no Sul do país. A falta de chuvas prejudicou o desenvolvimento da soja e do milho, principalmente na região Sul e no Mato Grosso do Sul, na safra 2021/2022, de acordo com os resultados dos levantamentos de custos de produção do Projeto Campo Futuro.

O feijão é considerado um dos componentes básicos da alimentação da população brasileira, além de ser uma excelente fonte proteica, possui bom conteúdo de carboidratos e riqueza em ferro. Ademais, o feijão também tem importância na geração de receitas dos pequenos produtores familiares. A Figura 3 mostra a área de produção por hectare, a quantidade produzida de feijão (em toneladas) e o seu rendimento médio entre 1973 e 2022.



**Figura 3. Quantidade produzida de feijão (toneladas). 1973–2022.**

Fonte: IBGE/PAM (2022).

Sua produção é bem distribuída pelo território brasileiro, sendo cultivado em três safras distintas ao longo do ano agrícola: 1ª safra ou safra das águas, 2ª safra ou safra da seca e 3ª safra ou safra de inverno. A safra das águas (1ª safra) é realizada, principalmente, nas regiões Sul e Sudeste e nos estados de Goiás e Bahia, representando 46% da produção brasileira de feijão. O plantio se estende de julho a outubro e a colheita de novembro a dezembro. A safra da seca (2ª safra) acontece nas regiões Nordeste, Sul e Sudeste, representando 31% da produção. O período de plantio inicia em janeiro e se estende até março e a colheita é feita de abril a final de julho. Já a safra de inverno (3ª safra) é realizada nos estados de Minas Gerais, Goiás, São Paulo e Bahia, representando 23% da produção brasileira. O plantio é feito durante o inverno (abril a julho), com necessidade de irrigação e a colheita é realizada nos meses de agosto a outubro.

## 1.2. SEGURO AGRÍCOLA

O Seguro Agrícola é um contrato firmado entre o agricultor e uma instituição seguradora que, mediante pagamento de um prêmio, tem cobertura contra sinistros que afetam os cultivos ou animais segurados. Conforme Ozaki (2008) e Guimarães e Nogueira (2009), o seguro agrícola desempenha importante papel na segurança da produção uma vez que mitiga os riscos de perdas da produção e protege os produtores em relação a perdas financeiras.

A participação governamental no seguro agrícola teve início no ano de 2003, quando foi sancionada a lei nº 10.823, em que, dentre outras atribuições, criou o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSP), com o objetivo de reduzir o prêmio do seguro pago por produtores rurais. O programa, gerido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), é o principal recurso de assistência agrícola no país.

Existem países que já utilizam essa ferramenta governamental de transferência de riscos agrícolas, nos Estados Unidos, por exemplo, o seguro cobre quase a totalidade da área cultivada e, ainda abrange diversos produtos; o mesmo ocorre na Espanha, porém com menor variedade de produtos disponíveis. A experiência internacional mostra que, após a redução do prêmio, por meio do subsídio, houve relativo aumento da participação de produtores nos respectivos programas (Dismukes, 1999; Dismukes e Vandever, 2001; Glabuer, 2004; Ozaki e Shirota, 2005).

No Brasil, há 3 tipos de seguros agrícolas, que diferem quanto aos critérios determinantes do limite máximo de indenização (LMI), são eles: a) Seguro de Custeio, em que o LMI é calculado com base no valor desembolsado para o custeio da lavoura segurada. É devida indenização quando a produtividade obtida com a cultura é inferior à produtividade garantida na apólice, comprometendo a capacidade de pagamento do valor do custeio; b) Seguro de Produção (Produtividade e Preço): o LMI é calculado com base na produtividade garantida para a área a ser segurada multiplicada por um preço estabelecido no momento da contratação para cada unidade a ser produzida. Esse preço utilizado na contratação será o mesmo utilizado no caso de eventual indenização; c) Seguro de Faturamento ou Receita: o LMI é calculado com base no faturamento a ser obtido com a produção, considerando a produtividade esperada e preço do produto no mercado futuro. A indenização ocorre quando a produtividade obtida e/ou preço de mercado da cultura na época da colheita reduzem o faturamento obtido a nível inferior ao faturamento garantido na apólice. É importante ressaltar que o preço do produto considerado na contratação e na indenização não é o preço praticado nas regiões produtoras e sim o observado nos contratos comercializados na B3.

No Brasil, o objetivo do programa é oferecer apoio aos produtores rurais que desejam proteger suas lavouras contra riscos climáticos adversos. Por meio da subvenção econômica ao prêmio do seguro rural, o Governo Federal apoia financeiramente aqueles produtores que contrataram essa modalidade de garantia, arcando com parcela dos custos de aquisição do seguro, ou seja, o governo subsidia parte do prêmio que seria pago integralmente pelo produtor. O percentual de subvenção pago pelo Governo Federal varia de 30% a 35% de acordo com as prioridades da política agrícola formulada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

É notório que este programa visa incentivar a demanda pelo seguro rural na medida em que reduz seu prêmio, no entanto, é possível que haja uma defasagem na coleta de informações,

isso foi observado no banco de dados utilizado para este trabalho. As modalidades de seguro rural amparadas pelo Programa de Seguro Rural são: agrícola, pecuária, florestal e aquícola, é importante mencionar que todo o estudo é embasado apenas no agrícola, mais especificamente nas duas safras do feijão.

### **1.3. REVISÃO DA LITERATURA**

O artigo Previsão da sinistralidade em seguros de vida utilizando modelos de séries temporais (Pandolfi; Gonçalves) publicado em 2024, reforça o pensamento de que os seguros, de maneira geral, são dinâmicos e sua natureza deriva da sua dependência de fatores sociais e econômicos.

Ao trazer para o contexto agrícola, percebe-se que a adoção do seguro é influenciada por políticas econômicas e sociais, além de fatores como a oferta e a demanda do mercado e as características sociodemográficas dos segurados.

Em um estudo proposto por Ozaki, (2018), foi analisada a funcionalidade seguro rural na gestão de risco agrícola no país. O autor realizou sua análise com base em países que desfrutavam de forte apoio governamental para programas voltados ao seguro agrícola. Esses programas, embora apresentem características diferentes, compartilham a ênfase no subsídio ao prêmio do seguro, o que tem incentivado a adesão dos produtores. A experiência internacional sugere que a redução do prêmio, promovida por subsídios, tende a aumentar a participação dos agricultores nos programas de seguro rural.

No Brasil, embora o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSP) reduza o custo do seguro para os produtores, a falta de um banco de dados estatísticos adequado pode gerar distorções na alocação de recursos públicos. Essas distorções podem favorecer estados com maior risco, mas com dados históricos mais completos, em detrimento de estados de menor risco, mas com dados menos consolidados.

Neste estudo, o autor concluiu que para a implementação eficaz dessas políticas públicas, é crucial que o governo federal concentre esforços na criação de uma base de dados unificada, contendo informações precisas e relevantes para atender às exigências do mercado de seguros. Se essa questão não for resolvida, a expansão do seguro rural em grande parte do Brasil pode ser comprometida. Há também o risco de um retrocesso ao cenário anterior à lei nº 10.823, quando apenas poucas seguradoras atuavam no setor rural, oferecendo coberturas limitadas e com alcance restrito.

Este trabalho tem como fundamento, o artigo: Uma abordagem estocástica para precificação e análise de indenizações de seguros agrícolas no Brasil, Pala, (2022) o qual desenvolveu um modelo de regressão capaz de analisar as indenizações e as probabilidades de ocorrência de sinistros na cultura de soja. Os resultados obtidos na sua pesquisa auxiliaram para o desenvolvimento desta, de modo que pudesse ampliar o campo de pesquisa na área.

## **2. DADOS DO SEGURO AGRÍCOLA**

Neste estudo, foram utilizados os dados do PSR, fornecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, referentes ao período de janeiro de 2017 a agosto de 2021. Os dados foram coletados em 10 de março de 2024 e se referem a apólices contratadas

nos de 2019, 2020 e 2021 e com o fim da vigência limite no ano de 2021, a subcategoria escolhida para a realização deste trabalho foi a de produtividade.

Algumas modificações foram necessárias para a estruturação do conjunto de dados, uma nova coluna denominada “EXPOSICAO” foi inserida ao banco de dados e se refere ao período (em dias) em que as apólices ficaram vigentes, foram removidas também duas linhas que continham sinistros, os quais compunham-se apenas de uma apólice cada. Essa decisão foi tomada após a constatação de que não possuíam representatividade para o projeto, após as mudanças realizadas, obteve-se um banco de dados dos quais 27,5% receberam valores de indenizações do programa de seguro rural e foram caracterizados como amostra. Dessa, forma o banco de dados se consolidou com as seguintes variáveis:

- a. Razão Social: Razão social da seguradora;
- b. Início da Vigência: Data de início da vigência do seguro;
- c. Fim da Vigência: Data do fim da vigência do seguro;
- d. Exposição: Intervalo (em dias) de vigência da apólice;
- e. Segurado: Nome do segurado;
- f. UF: Sigla da Unidade da Federação onde está localizada a propriedade segurada;
- g. Tipo de Seguro: Classificação do tipo de seguro;
- h. Produto: Cultura ou atividade segurada;
- i. Área: Área total segurada (em ha);
- j. Produtividade Estimada: Previsão da produtividade da lavoura, medida em quilogramas (kg/ha);
- k. Produtividade Segurada: Quantidade de produção coberta pelo seguro agrícola;
- l. Valor Segurado: Limite máximo de indenização (LMI);
- m. Prêmio Líquido: Valor do prêmio (em reais) pago pelo segurado;
- n. Taxa de Prêmio: Percentual do prêmio líquido em relação ao valor segurado;
- o. Subvenção Federal: Valor subsidiado pelo Governo no pagamento do prêmio do seguro;
- p. Número da Apólice: Número da apólice em cada seguradora;
- q. Data da Apólice: Data de contratação da apólice;
- r. Ano da Apólice: Ano de contratação da apólice;
- s. Valor de Indenização: Valor pago ao produtor em caso de sinistro;
- t. Sinistro: Evento preponderante causador do sinistro;

Após organizar o banco de dados, a amostra final totalizou 326 apólices. A seguir serão apresentadas as análises obtidas.

### **3. METODOLOGIA**

A metodologia deste trabalho será dividida em duas subseções e foi desenvolvida com o auxílio do software estatístico R Studio, por meio dos pacotes *glm* e *gamlss*. O procedimento inicial adotado (3.1) consiste na realização de uma análise descritiva do banco de dados, capaz de resumir e descrever as principais características da amostra, para, posteriormente, ser

utilizado na adequação do modelo. Na seção (3.2), será apresentada a modelagem estatística feita e o modelo estatístico que melhor se adequou à variável resposta. Por tratar-se de microdados secundários de domínio público e irrestrito, não é cabível a apuração e registro do trabalho no Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) em termos da Lei 12.527, de 18 de novembro de 2011 (Brasil, 2016).

Conforme mencionado anteriormente, o banco de dados contém 326 apólices que receberam valores de indenizações do Programa de Seguro Rural, devido aos sinistros que sofreram e serão a amostra analisada. Na seção 3.1 faremos as análises das frequências e o estudo sobre valor da indenização em relação aos sinistros, UF's e safras.

A frequência total refere-se ao número de vezes que uma determinada variável aparece em um conjunto de dados. Já a frequência relativa é a proporção de vezes que essa variável é vista em relação ao total de observações, é calculada dividindo a frequência total de uma determinada categoria pelo número total de observações, além disso geralmente expressa como uma fração, decimal ou porcentagem.

A média é a medida de tendência central mais conhecida e representa a soma de todos os valores de uma variável dados, dividida pelo número total de valores. A mediana é popularmente conhecida como “o valor do meio”, ou seja, o valor que separa um conjunto de dados ordenado ao meio, de modo que metade dos valores é menor que a mediana e a outra metade é maior é importante mencionar que se o número de valores for ímpar, a mediana é exatamente o valor central; se for par, a mediana é a média dos dois valores centrais.

Ao contrário das medidas anteriores, o desvio padrão (DP) é uma medida de dispersão que indica o quanto os valores de um conjunto de dados se desviam, em média, da média do conjunto, isso significa que quando há um desvio padrão baixo indica que os valores estão próximos da média, enquanto um desvio padrão alto indica maior dispersão. Por fim, o coeficiente de variação (CV) que também é uma medida de dispersão, só que relativa é calculado como a razão do desvio padrão para a média, geralmente expressa como uma porcentagem e é útil para comparar a variabilidade entre conjuntos de dados com diferentes médias.

Ademais, para algumas análises foi-se necessário ajustar a variável Valor de Indenização para que todas as apólices obtivessem a mesma unidade de medida, uma vez padronizada obteremos um resultado mais fidedigno. Cada apólice teve seu Valor de Indenização dividido pela sua respectiva Área Total e pelo seu respectivo Tempo de Exposição. Dessa forma, obtivemos o Custo Médio das Indenizações por hectare anual (ha/a).

Segundo o estatístico George Box “todos os modelos são errados, mas alguns são úteis”, essa frase que apareceu pela primeira vez em um artigo publicado em 1976 no *Journal of the American Statistical Association* e evidencia a ideia de que não se deve aceitar a existência de apenas um modelo para determinar um fenômeno ou comportamento, uma vez que os modelos estatísticos são uma representação simplificada da realidade.

Diante disso, na segunda parte das análises, será feita uma modelagem estatística que tem como objetivo compreender, analisar e prever eventos baseando-se em dados e em padrões detectados, serão utilizadas duas vertentes para comparação do ajuste do modelo.

A classe de modelos em maior destaque nos últimos anos e que será utilizada neste trabalho são os Modelos Lineares Generalizados (MLG), relacionam a variável resposta com as variáveis explicativas mediante uma função de ligação, que têm por finalidade assegurar que

os parâmetros consigam atribuir quaisquer valores reais mantendo os valores ajustados no domínio da distribuição. As distribuições que compõem este modelo são: Normal, Bernoulli, Binomial, Poisson, Binomial Negativa, Gama, Inversa Gaussiana, Beta, e Multinomial são exemplos de distribuições que pertencem à família exponencial e podem ser usadas no ajuste de MLG que envolve três componentes: aleatória, sistemática e função de ligação.

No MLG, a variável aleatória  $Y$  é associada a uma função de probabilidade (fp) ou uma função densidade de probabilidade (fdp) denominada de componente aleatório. Então, seja  $\mu$  a média da distribuição, tem-se:

$$E(Y) = \mu.$$

O componente sistemático é formado pelas variáveis explicativas ( $X$ ) e os parâmetros do modelo ( $\beta$ ). Esse componente produz o denominado preditor linear ( $\eta$ ), e  $\eta$  é um vetor com dimensão  $n$ , então, tem-se:

$$\begin{aligned} \eta &= X\beta \\ \eta &= \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k. \end{aligned}$$

A denominada função de ligação é o terceiro componente de um MLG, cujo objetivo é relacionar a média ao preditor linear e estabelecer uma relação entre o componente aleatório e o componente sistemático do modelo. Logo,

$$\begin{aligned} g(\mu) &= \eta, \\ \log \mu &= \beta_0 + \dots + \beta_k, \end{aligned}$$

em que as funções de ligação  $g(\cdot)$  devem ser diferenciáveis e monótonas.

Apesar disso, os MLG apresentam limitações dado que, julgam que a relação da média é linear às variáveis explicativas. Os Modelos Aditivos Generalizados (GAM) introduzido por Hastie e Tibshirani em 1990, configuram uma extensão dos MLG com um preditor linear incluindo a soma de funções de suavização não-paramétrica das covariáveis configurando a possibilidade de os próprios dados guiarem sua relação com o preditor ( $\eta$ ), que geralmente, decorre de maneira não-linear. Os GAM permitem, casualmente, solucionar questões dos resíduos assimétricos e/ou heterocedásticos.

É importante mencionar que não são todas as covariáveis que precisam de funções de suavização, pois as mesmas têm que ser contínuas caso não sejam, isso não se aplica. Algumas funções de suavização mais comuns são: *P-splines*, *splines* cúbicas, *loess* e redes neurais. O ajuste de modelos semi-paramétricos tem como característica não ser facilmente descrito matematicamente, porém, ele se permite ser exposto de forma gráfica, o que permite obter informações simultâneas sobre a adequação do ajuste e resíduos.

Nos anos 2000 o modelo GAM se popularizou com a implementação no software R por meio do pacote *mcgv* (Wood, 2006). Porém, nem todas as limitações foram resolvidas com advento dos modelos MLG e GAM. Neste sentido, Rigby e Stasinopoulos (2005) propuseram a classe modelos de regressão denominada GAMLSS - Modelos Aditivos Generalizados para Localização, Escala e Forma com a vantagem de modelar os parâmetros de assimetria e curtose, possibilitando uma maior flexibilidade e uma expansão ao número de distribuições consideradas, pois agora as distribuições não precisam ser parte da família exponencial.

No GAMLSS, a parte sistemática do modelo é expandida para permitir modelar não apenas a média, mas todos os parâmetros de locação, escala e forma da distribuição da variável resposta, de modo, que todos esses parâmetros permitem ser modelados em função das variáveis explicativas e, ainda, os preditores também podem inserir funções não-paramétricas de suavização, efeitos aleatórios, ou outros termos aditivos, ou seja, os GAMLSS são modelos de regressão semi-paramétricos. São paramétricos porque requererem a suposição de distribuição paramétrica para a variável resposta e semi-paramétricos no sentido de que permitem a modelagem dos parâmetros da distribuição, como funções de variáveis explicativas, por meio de funções de suavização não-paramétrica.

As distribuições que compõem os GAMLSS são as mesmas do MLG, com algumas especificidades, também incorporam outras distribuições como: t-Student, Log-Normal, Weibull, dentre outras.

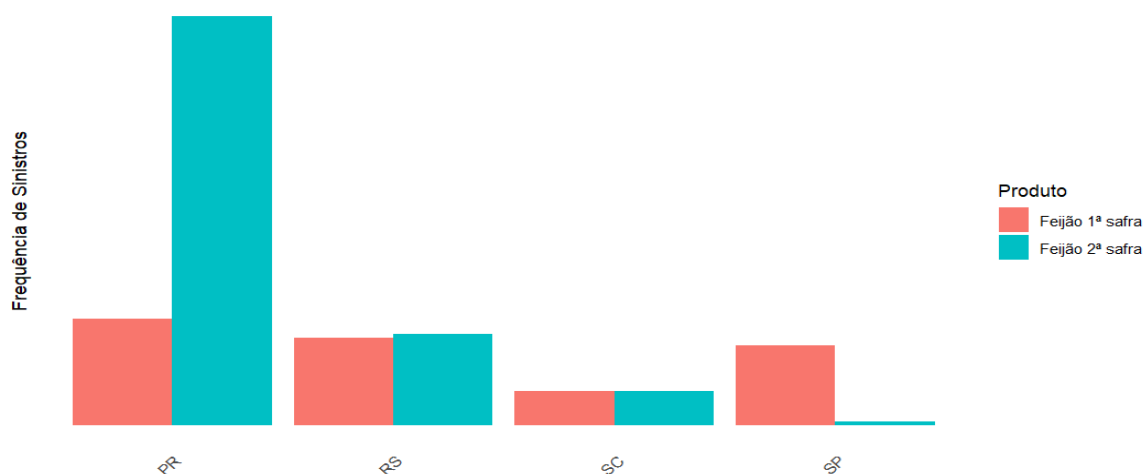
Por fim, para este trabalho foram testados os modelos das distribuições Normal, Gama, Inversa Gaussiana, Weibull e Log-Normal. Foram utilizados apenas os que obtiveram o melhor ajuste no banco de dados, referente a classe dos Modelos Aditivos Generalizados, a distribuição escolhida foi a Gama; já para os Modelos Aditivos Generalizados para Locação, Escala e Forma, a distribuição que obteve melhor ajuste foi a Weibull. Os resultados desses ajustes serão apresentados na próxima seção.

As variáveis explicativas escolhidas para o modelo foram: UF, Sinistro, Produto (que retornará as safras) e Ano da Apólice. Este último foi incluído para ajustar os valores de acordo com o ano, desse modo, não foi necessário corrigir os valores de acordo com a inflação.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. ANÁLISE DESCRITIVA

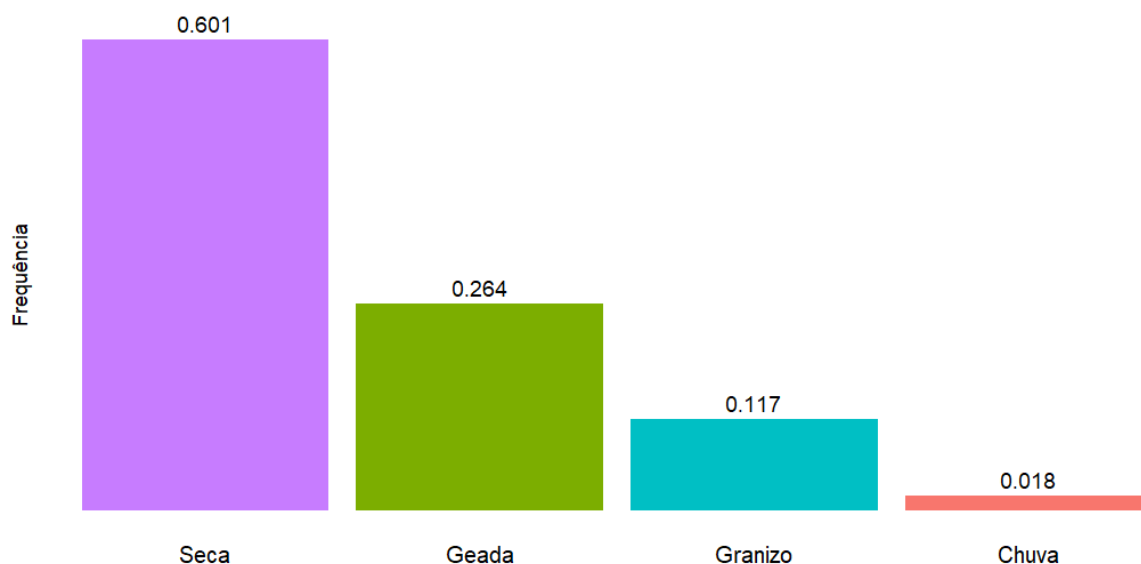
A frequência total dos sinistros em relação às safras de feijão foi de 326, composto pelos eventos: Chuva (6), Geada (86), Granizo (38) e Seca (196).



**Figura 4. Frequência Total de Sinistros por UF e Produto.**

O estado do Paraná é o maior produtor de feijão do Brasil, o movimento dos preços e as mudanças climáticas são acompanhados com expectativa por produtores. O Prognóstico Agropecuário do Feijão (vol. 13 n. 36-2020), publicado pelo Governo do Estado, em parceria com a Secretaria da Agricultura e do Abastecimento, informou que as perdas observadas na cultura, principalmente na segunda safra são resultado da seca prolongada nas regiões produtoras, aliada à baixa temperatura, com geadas ocorridas nas diversas regiões do Estado.

Tais fatos comprovam o observado nas Figuras 4 e 5, os quais apresentam as frequências totais e relativas dos sinistros ocorridos no cultivo do feijão, no período de tempo analisado.



**Figura 5. Frequência relativa dos sinistros ocorridos.**

Tabela 1, além de refletir o que foi mostrado nos gráficos de frequência, acrescenta outros parâmetros estatísticos de descrição, como: Média, Mediana, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação.

**Tabela 1. Resumo do Custo Médio das Indenizações (ha/a).**

Sinistro	Valor das Indenizações por Sinistro				
	Freq_Relativa	Média	Mediana	DP	CV
Seca	0.601	3401.641	3072.806	2346.560	68.983
Geadas	0.264	3982.541	3076.595	3319.865	83.360
Granizo	0.117	3471.743	2102.685	4077.677	117.453
Chuva	0.018	1783.847	1335.118	1421.354	79.679

É possível observar que embora a seca tenha atingido a maior parte das apólices, em média, os maiores valores das indenizações derivaram da geada e granizo, as maiores medianas também foram observadas na variável geada e seca. Além disso, as indenizações oriundas do granizo apresentaram as maiores medidas de dispersão, quando comparadas às outras, isso significa que os valores das apólices dessa variável oscilaram bastante. Em contrapartida, a seca apresentou menor coeficiente de variação, o que demonstra que, em média, os valores da indenização não estão tão distantes da média.

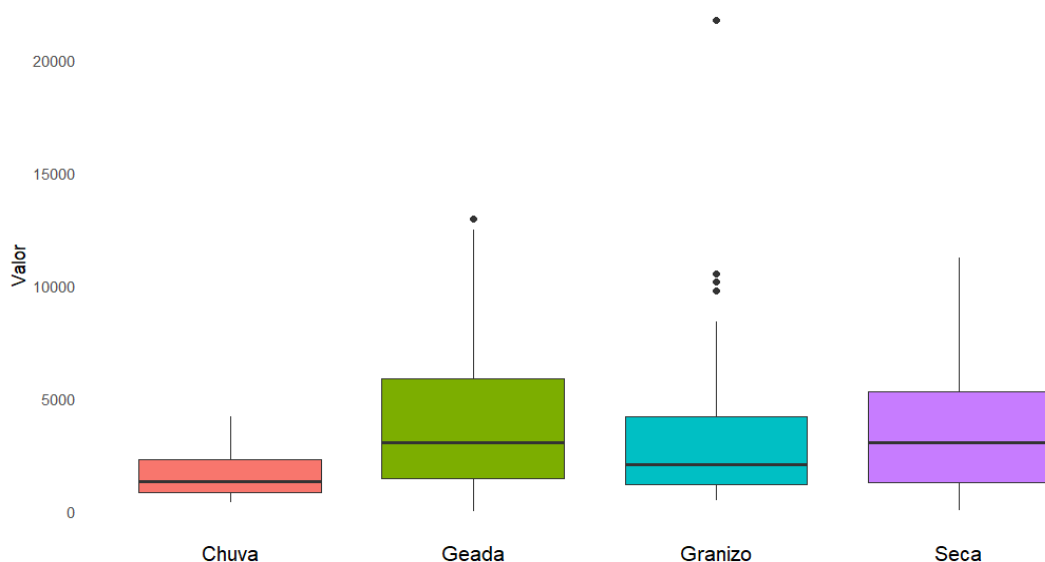
A seguir, temos o comparativo em relação às safras do feijão por UF, foi utilizada novamente a variável Custo Médio das Indenizações (CMI) em hectare/ano. Na Tabela 2, à esquerda temos os valores referentes à 1ª safra do feijão e à direita, a 2ª safra, em que se teve a maior ocorrência de sinistros, conforme mostrado anteriormente. É importante mencionar que, no geral, a perda na segunda safra tende a ser maior do que na primeira, justamente por ser um plantio de safra seca, a probabilidade de ocorrer um sinistro é maior, e dessa forma, os valores das indenizações tendem a ser maiores.

**Tabela 2. Comparação entre safras do Custo Médio das Indenizações (ha/a).**

1 Safra					2 Safra				
UF	Media	Mediana	DP	CV	UF	Media	Mediana	DP	CV
PR	1578.103	1342.147	1131.124	71.67618	PR	4471.288	4370.461	2678.145	59.89651
RS	4328.786	5044.759	2506.603	57.90545	RS	3812.509	3057.643	3225.030	84.59075
SC	3757.045	2588.792	3462.134	92.15045	SC	4971.957	4307.407	4921.721	98.98961
SP	1667.680	1349.932	1333.193	79.94298	SP	4100.917	4927.135	2337.455	56.99834

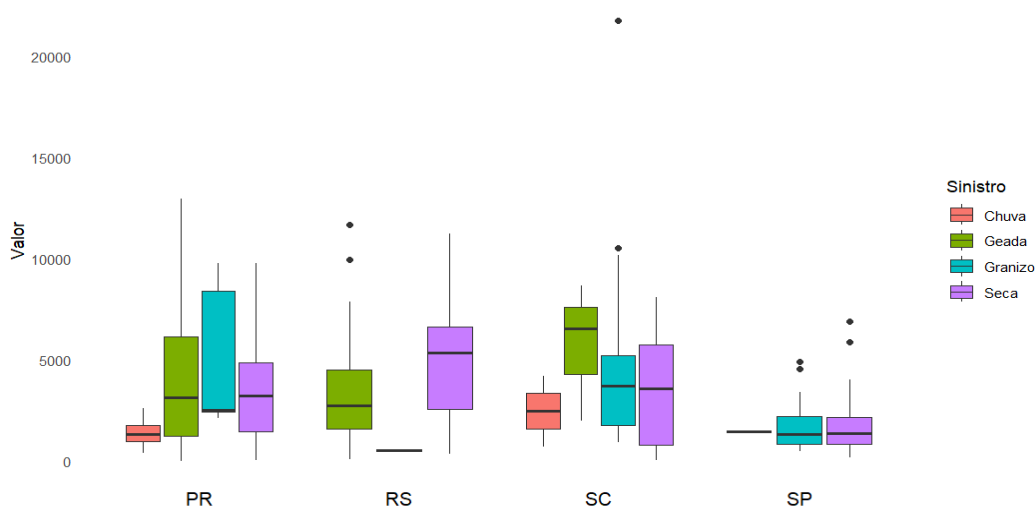
O estado do Paraná apresentou maiores médias, medianas e DP na 2ª safra, devido à seca que atingiu fortemente a região durante a colheita, conforme exposto anteriormente; já o Rio Grande do Sul tem-se essas variáveis elevadas, com exceção do DP, na 1ª safra, além disso as medidas de dispersão baixas na safra em questão, mostram que, no geral, dos valores das indenizações estão próximos à média aritmética. Em Santa Catarina, observa-se que todos os valores foram superiores na 2ª safra, ainda que o CV na 1ª safra seja alto; em São Paulo, esses valores também são superiores na 2ª safra, com exceção do CV.

Em continuidade, tem-se a variável CMI (Figura 5) por sinistro e por UF (Figura 6).



**Figura 5. Custo Médio das Indenizações (ha/a) por tipo de sinistro.**

A Figura 5 mostra que geada e seca apresentam medianas próximas, conforme evidenciado na Tabela 1. Ademais, todas as distribuições apresentam um certo assimetria positivo, ainda que discreto, como na seca, pois a linha da mediana está mais baixa, ou seja, próxima ao primeiro quartil. Em relação a dispersão, a chuva apresenta maior estabilidade nos valores, uma vez que seu comprimento de caixa é menor e seus extremos também são menores. Outliers foram observados nas variáveis geada e granizo, este, sobretudo, foi o mais extremo, e refere-se ao valor de indenização (ha/a) de aproximadamente de R\$ 21.757,74, em uma apólice da 2ª safra do feijão contratada em 2021, a área da lavoura está localizada em Santa Catarina e é composta por 7 hectares de terra e seu tempo de exposição foi próximo à  $\frac{1}{4}$  de ano.



**Figura 6. Custo Médio das Indenizações (ha/a) por UF e sinistro.**

A Figura 6 além de detalhar o que foi dito acima, também acrescenta novas variáveis para melhor entendimento do cenário. Os estados do Paraná e Santa Catarina apresentam

valores em todas as categorias de sinistros, enquanto Rio Grande do Sul e São Paulo não possuem valores de indenizações referentes à chuva. Ademais, o único evento cujas distribuições mais se aproximam da normalidade é a chuva, nos demais, é possível notar tendências de caráter positivo ou negativo.

## 4.2. AJUSTE DOS MODELOS DE REGRESSÃO

A seguir encontram-se os resultados das análises dos modelos estatísticos descritos na metodologia, para este trabalho, foram testados diversos modelos das classes MLG e GAMLSS, no entanto, serão apresentados e comparados um modelo de cada classe, o que obteve melhor ajuste em relação ao banco de dados. Da classe dos Modelos Lineares Generalizados, a distribuição escolhida para a validação do modelo foi a Gama.

A variável resposta utilizada para o ajuste do modelo foi o Custo Médio das Indenizações, ou seja, cada apólice teve seu Valor de Indenização dividido pela sua respectiva Área total e pelo seu respectivo Tempo de Exposição, assim, essa forma, a variável resposta em (ha/a) unidades de medida.

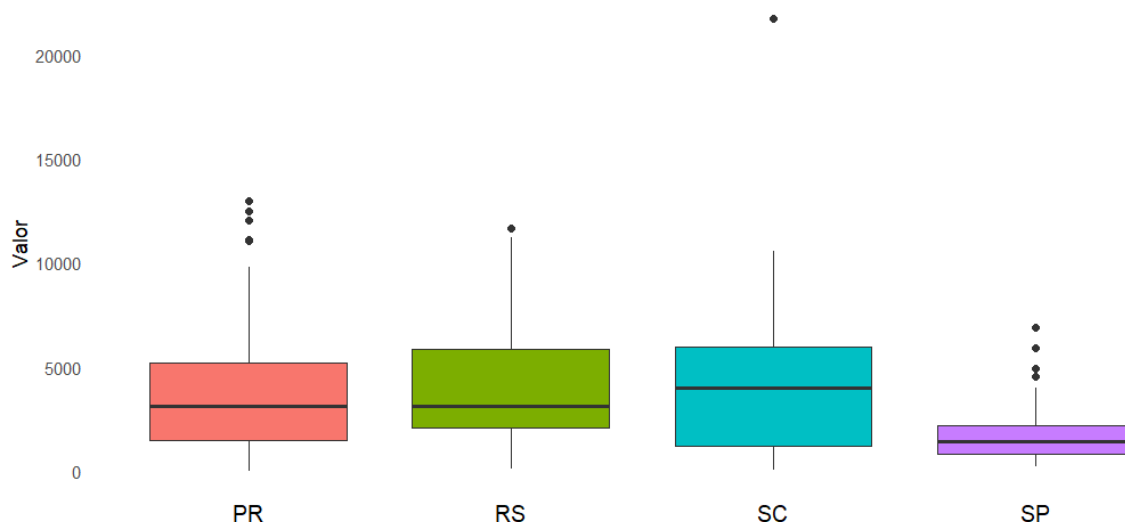
As variáveis explicativas escolhidas para o modelo foram: UF, Sinistro, Produto (que retornará as safras) e Ano da Apólice. Este último foi incluído para ajustar os valores de acordo com o ano, desse modo, não foi necessário corrigir os valores de acordo com a inflação. Utilizou-se o software R Studio para as análises e obteve-se a seguinte saída:

**Tabela 3. Ajuste do modelo para a distribuição Gama.**

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-1,221	385,6	-3,167	0,002
UF_RS	0,413	0,111	3,712	0,001
UF_SC	0,376	0,146	2,580	0,010
UF_SP	-0,093	0,155	-0,600	0,549
Geada	0,506	0,304	1,667	0,096
Granizo	0,662	0,316	2,096	0,037
Seca	0,441	0,297	1,487	0,138
Feijão_1ª_safra	-0,057	0,223	-0,256	0,798
Ano_Apolice	0,608	0,191	3,188	0,001

Para a distribuição Gama, a função de ligação utilizada foi a logarítmica, as variáveis incluídas no baseline como referência foram o estado do Paraná, a chuva como sinistro e a 2ª safra do feijão. Inicialmente, ao analisar os estados, verifica-se que Rio Grande do Sul e Santa Catarina têm um aumento no logaritmo da variável resposta e possuem coeficientes significativos ( $p$ -valor  $< 0,05$ ). Em contrapartida o estado de São Paulo teve uma leve diminuição no logaritmo da variável resposta, mas o seu coeficiente não foi significativo ( $p$ -valor  $> 0,05$ ).

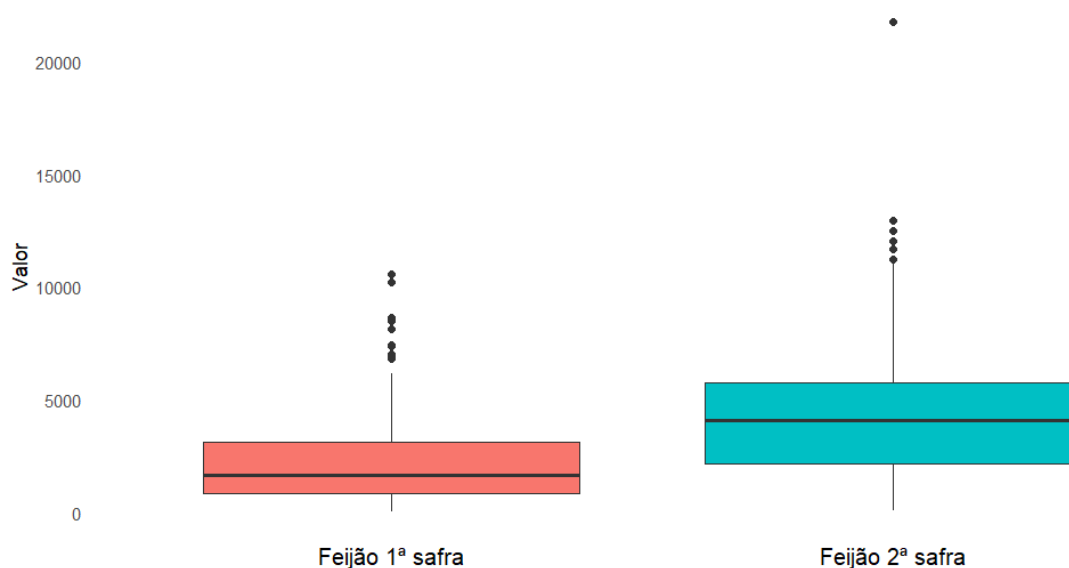
O resultado encontrado é coerente com o observado no gráfico abaixo, em que, comparado ao ponto referencial, os estados de do Rio Grande do Sul e Santa Catarina possuem uma tendência positiva, enquanto São Paulo possui uma tendência negativa.



**Figura 7. Custo Médio das Indenização (ha/a) por UF.**

Os próximos parâmetros a serem analisados são os sinistros, observa-se que todas as estimativas são positivas, o que já foi verificado no Figura 5. Essa paridade não se estendeu quanto às significâncias das variáveis, visto que o coeficiente da variável geada é marginalmente significativo ( $p\text{-valor} < 0,1$ ), granizo é significativo ( $p\text{-valor} < 0,05$ ) e o da seca não se mostrou significativo ( $p\text{-valor} > 0,05$ ).

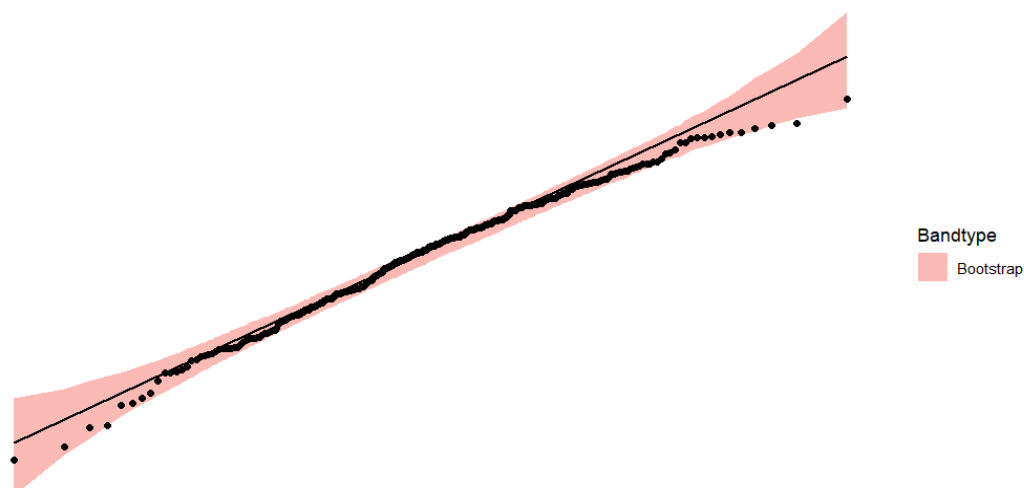
Em seguida, tem-se a análise da 1ª safra que, comparada ao baseline (2ª safra), obteve uma ligeira diminuição no logaritmo da variável resposta, mas este coeficiente não é significativo ( $p\text{-valor} > 0,05$ ). Isso se ilustra no gráfico a seguir, em que o valor das indenizações pagas aos sinistros ocorridos na 2ª safra é superior em relação a 1ª, além disso, a frequência em que se ocorre o sinistro é maior na 2ª safra, conforme apresentado e descrito no Figura 4.



**Figura 8. Custo Médio das Indenização (ha/a) por safra.**

Ainda, há o ano da apólice em que cada aumento de um ano na apólice resulta em um aumento no logaritmo da variável resposta, para mais este coeficiente é significativamente diferente de zero (p-valor < 0,01). Este resultado também está de acordo com a realidade, pois a região Sul do país sofreu com uma seca intensa no ano de 2021.

Por fim, será apresentado o gráfico de envelope que é uma ferramenta gráfica utilizada para avaliar a qualidade do ajuste de um modelo estatístico.



**Figura 9. Envelope da distribuição Gama.**

A Figura 9 ilustra o envelope da distribuição Gama, no qual é possível visualizar que a quase totalidade dos pontos residuais estão dentro das bandas de confiança, isso sugere que os resíduos seguem a distribuição teórica e que o modelo está bem ajustado.

No ajuste do modelo de distribuição Weibull, os critérios utilizados para a função de ligação, variável resposta, variáveis explicativas e baseline foram os mesmos propostos distribuição Gama. Além disso, o modelo foi avaliado somente na escala da média e a análise também foi realizada com o auxílio do software estatístico R Studio e obteve-se a seguinte saída:

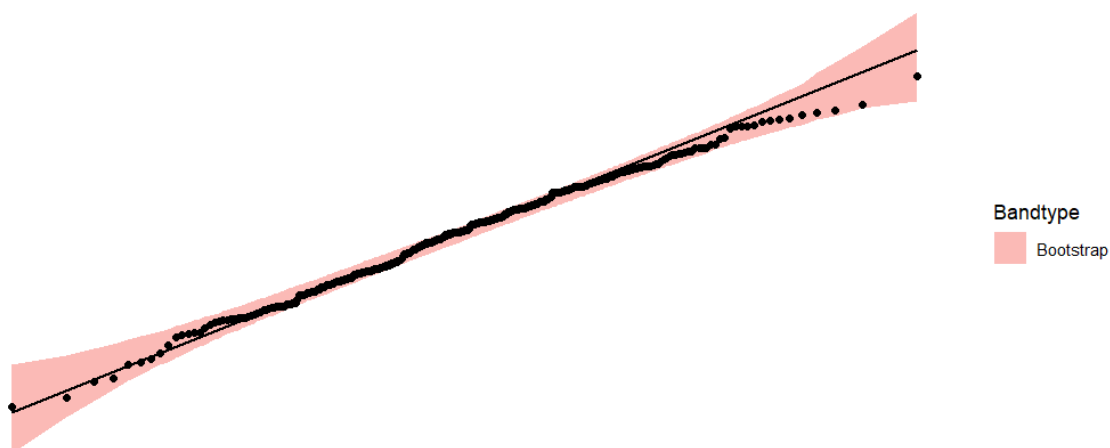
**Tabela 4. Ajuste do modelo para a distribuição Weibull.**

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-1.271	0,287	-4420,82	<0,001
UF_RS	0,455	0,123	3,714	0,001
UF_SC	0,452	0,153	2,895	0,004
UF_SP	-0,063	0,153	-0,414	0,679
Geada	0,575	0,266	2,164	0,031
Granizo	0,699	0,278	2,515	0,012
Seca	0,471	0,254	1,815	0,075
Feijão_1 <sup>a</sup> _safra	-0,026	0,101	-0,258	0,797
Ano_Apolice	0,632	0,001	4452,68	<0,001

Ao analisar os estados, verifica-se que Rio Grande do Sul e Santa Catarina, em comparação com o Paraná, têm um valor esperado da variável CMI de 45,52% e 45,25% maiores, respectivamente; além disso, possuem coeficientes significativos ( $p$ -valor  $< 0,05$ ). Assim como o modelo anterior, o estado de São Paulo não é estatisticamente significativo ( $p$ -valor  $> 0,05$ ), o que indica que o estado não possui uma diferença significativa em relação ao Paraná.

Em seguida, tem-se os sinistros, em que as estimativas são positivas, similar ao modelo da Gama. Consoante a essa lógica, quando comparado com o sinistro da chuva, a ocorrência de geada aumenta o valor esperado da variável CMI em 57,50%, já com o granizo, esse percentual é ainda maior, pois a sua ocorrência aumenta o valor esperado da variável CMI em 69,95%. O coeficiente da seca é marginalmente significativo ( $p$ -valor  $< 0,10$ ), isso significa que a esse indicador pode aumentar o valor esperado da variável CMI em 47,08%, embora com menor certeza.

Na análise da safra verifica-se que o coeficiente não é significativo ( $p$ -valor  $> 0,05$ ), o que propõe que a 1ª safra do feijão não tem uma diferença significativa em relação à 2ª safra. Ao final, temos o ano da apólice, o qual é extremamente significativo ( $p$ -valor  $< 2e-16$ ), o que propõe um aumento no valor esperado da variável CMI ao longo dos anos.



**Figura 10. Envelope da distribuição Weibull.**

A Figura 10 ilustra o envelope da distribuição Weibull, em que, assim como a distribuição Gama, possui a quase totalidade dos pontos residuais dentro das bandas de confiança, isso sugere que os resíduos seguem a distribuição teórica e que o modelo está bem ajustado.

**Tabela 5. AIC e raiz quadrada do erro quadrático médio das distribuições.**

	Gamma	Weibull
AIC	5897,80	5888,34
REQM	2684,95	2715,12

Ambos os modelos apresentados acima se ajustaram bem, diferem minimamente quanto à visualização do envelope, já que a distribuição Weibull teve um melhor encaixe, e ao AIC,

pois o da Weibull, também é melhor em comparação ao da Gama. Além disso, foram avaliados também a raiz quadrada do erro quadrático médio e obteve-se o valor de 2684,95 para a distribuição Gama e 2715,12 para a distribuição Weibull. Assim, em termos de previsão, a distribuição Gama possui um melhor desempenho, pois os valores previstos estão mais próximos dos valores reais.

## 5. CONCLUSÃO

Conforme visto na Seção 4, para o modelo MLG ajustado, a distribuição Gama foi a que melhor se ajustou ao banco de dados, a sua interpretação é que os estados Rio Grande do Sul e Santa Catarina têm um impacto significativo no valor da indenização por tempo de exposição por área, comparado ao Paraná. Os sinistros granizo e, marginalmente, geada, também têm um impacto significativo comparado à chuva. O ano da apólice mostra uma tendência significativa, o que indica que as apólices mais recentes tendem a ter maiores da variável de indenização ajustada. Os coeficientes para São Paulo e seca não são significativos, o que insinua que não há evidências estatísticas suficientes de que esses fatores diferem significativamente do baseline. A 1ª safra do feijão também não mostrou diferença significativa em relação à 2ª safra.

Para os modelos GAMLSS, a distribuição Weibull obteve o melhor ajuste e em suas análises, comparados com o estado do Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina têm valores esperados significativamente maiores da variável CMI, enquanto São Paulo não apresenta diferença significativa. Para os sinistros, geada e granizo têm efeitos significativamente maiores nos valores esperados em comparação com a chuva, ao passo que a seca apresenta um efeito marginalmente significativo. Ademais, a 1ª safra do feijão não difere significativamente da 2ª safra, e há um aumento significativo ao longo dos anos no valor esperado do Custo Médio das Indenizações.

Referente a Tabela 5, ainda que os modelos apresentem resultados próximos, a distribuição Weibull obtém minuciosa vantagem, uma vez que possui um gráfico envelope que se encaixa aos dados em sua quase totalidade, e ao AIC, de menor valor em relação à Gama. Em contrapartida, ao avaliarmos a raiz quadrada do erro quadrático médio a distribuição Gama possui o detém o menor valor.

Finalmente, este trabalho apresenta dois modelos estatísticos que explicam bem o Custo Médio das Indenizações por área e por tempo de exposição das safras do feijão, são eles, a distribuição Gama e a distribuição Weibull, a depender do método de avaliação, quando comparado ao outro, haverá um ligeiro realce em relação à qualidade, no entanto, não é uma diferença que causará grande impacto.

Para possíveis trabalhos futuros, sugere-se o estudo da aplicabilidade de outros modelos de previsão nos dados de seguro agrícola. Além disso, cabe o estudo das probabilidades de ocorrência de sinistros não só na cultura do feijão, mas também para outros tipos de culturas agrícolas.

## 6. REFERÊNCIAS

BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

BRASIL. **Guia de Seguros Rurais (2022)**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, DF. 2022.

BRASIL. **Programa de Subvenção ao prêmio do Seguro Rural (2022)**. Ministério da Agricultura e Pecuária Secretaria de Política Agrícola Departamento de Gestão de Riscos. Brasília, DF. 2023.

PALA, Luiz Otávio; SAFÁDI, Thelma. **Uma abordagem estocástica para precificação e análise de indenizações de seguros agrícolas no Brasil**. I Prêmio Susep de Pesquisa em Seguros. Rio de Janeiro, RJ. p. 1-9, dez. 2022.

MENDONÇA, Alexandre; MENEGATTI, Ana Laura; DE CASTRO, Cesar; QUEIROZ, Francisco; HAUSKNECHT, José Carlos; SANTANA, Leonardo; RENATA, Rosa. **Seguro Agrícola no Brasil: Uma visão estratégica de sua importância para a Economia brasileira**, 2012.

DOS SANTOS, Gesmar Rosa; DE SOUZA, Alexandre Gervásio; ALVARENGA, Gustavo. **Seguro Agrícola no Brasil e o desenvolvimento do Programa de Subvenção ao prêmio**. Brasília, DF, 2013.

LANDAU, Elena Charlotte; MOURA Larissa. **Dinâmica da Produção Agropecuária e da Paisagem Natural no Brasil nas Últimas Décadas**. Embrapa, p. 741-797, jul. 2020.

CAFFAGNI, Luiz Cláudio; PAIXÃO, Leonardo; RIOS, Márcio. **Principais tipos de Seguro Agrícola**. AGROANALYSIS. p. 34-36. mar. 2022.

OZAKI, Vitor. **Uma digressão sobre o programa de subvenção do prêmio do Seguro Rural e as implicações para o futuro deste mercado**. RESR, Piracicaba, SP. vol. 48. nº 04, p. 495-514, out/dez. 2010.

Cordeiro, G.M. e Demétrio, C.G.B. (2008). **Modelos Lineares Generalizados e Extensões**. Piracicaba, SP. ESALQ, Departamento de Ciências Exatas.

RIGBY, R.; STASINOPOULOS, M.; HELLER, G.; DE BASTIANI, F. **Distributions for modeling location, scale, and shape: using GAMLSS in R**. [S.l.]: CRC press, 2017.

PANDOLFI, Amanda Santos; GONÇALVES, Jussiane Nader. **Previsão da sinistralidade em seguros de vida utilizando modelos de séries temporais**. ENIAC, Guarulhos, v. 13, n. 1, p. 03-04, abr, 2024.

Disponível em: <https://ojs.eniac.com.br/index.php/EniacPesquisa/article/view/961>.

Acesso em: 19 de ago. 2024.

Ministério da Agricultura e Pecuária. **Programa de Seguro Rural**. Dados PSR 2016 - 2021. Disponível em: <https://dados.agricultura.gov.br/dataset/baefdc68-9bad-4204-83e8->

[f2888b79ab48/resource/e6f95018-6c19-426a-9a62-fc9e5bfc721b/download/psrdadosabertos2016a2021excel.xlsx](https://f2888b79ab48/resource/e6f95018-6c19-426a-9a62-fc9e5bfc721b/download/psrdadosabertos2016a2021excel.xlsx).

Acesso em: 10 de mar. 2024.

Saída R-Studio: Distribuição Gama

Call:

```
glm(formula = (Valor_Indenizacao/Tempo_Exposicao)/Area ~ UF +
  Sinistro + Produto2 + Ano_Apolice, family = Gamma(link = "log"),
  data = dados1)
```

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	
(Intercept)	-1.221e+03	3.856e+02	-3.167	0.001688	**
UFRS	4.127e-01	1.112e-01	3.712	0.000243	***
UFSC	3.757e-01	1.456e-01	2.580	0.010333	*
UFSP	-9.328e-02	1.555e-01	-0.600	0.549063	
SinistroGeadá	5.064e-01	3.038e-01	1.667	0.096475	.
SinistroGranizo	6.622e-01	3.159e-01	2.096	0.036836	*
SinistroSeca	4.412e-01	2.967e-01	1.487	0.138013	
Produto2Feijão 1ª safra	-5.695e-02	2.227e-01	-0.256	0.798312	
Ano_Apolice	6.082e-01	1.908e-01	3.188	0.001577	**

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Gamma family taken to be 0.4903078)

Null deviance: 255.36 on 325 degrees of freedom  
 Residual deviance: 204.22 on 317 degrees of freedom  
 AIC: 5897.8

Number of Fisher Scoring iterations: 9

Saída R-Studio: Distribuição Weibull

Family: c("WEI3", "Weibull type 3")

Call: gamlss(formula = (Valor\_Indenizacao/Tempo\_Exposicao)/Area ~  
UF + Sinistro + Produto2 + Ano\_Apolice, family = WEI3(), data = dados1)

Fitting method: RS()

-----  
Mu link function: log

Mu Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-1.271e+03	2.874e-01	-4420.824	< 2e-16 ***
UFRS	4.552e-01	1.225e-01	3.714	0.000241 ***
UFSC	4.525e-01	1.563e-01	2.895	0.004054 **
UFSP	-6.318e-02	1.528e-01	-0.414	0.679453
SinistroGead	5.748e-01	2.656e-01	2.164	0.031196 *
SinistroGranizo	6.995e-01	2.781e-01	2.515	0.012385 *
SinistroSeca	4.708e-01	2.594e-01	1.815	0.070520 .
Produto2Feijão 1ª safra	-2.612e-02	1.014e-01	-0.258	0.796875
Ano_Apolice	6.325e-01	1.421e-04	4452.682	< 2e-16 ***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

-----  
Sigma link function: log

Sigma Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.37118	0.04439	8.361	2.01e-15 ***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

-----  
No. of observations in the fit: 326

Degrees of Freedom for the fit: 10

Residual Deg. of Freedom: 316

at cycle: 3

Global Deviance: 5868.369

AIC: 5888.369

SBC: 5926.238