

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Contribuições para o desenvolvimento do seguro florestal no Brasil

André Luis Zorzi

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Economia
Aplicada

**Piracicaba
2024**

André Luis Zorzi
Bacharel em Ciências Econômicas

Contribuições para o desenvolvimento do seguro florestal no Brasil

versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **VITOR AUGUSTO OZAKI**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Economia
Aplicada

Piracicaba
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Zorzi, André Luis

Contribuições para o desenvolvimento do seguro florestal no Brasil / André Luis Zorzi. - - versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011 Piracicaba, 2024.

93 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. Seguro florestal 2. Riscos 3. Prêmio 4. Subvenção 5. Previsão I. Título

DEDICATÓRIA

A Deus.

Aos meus pais, Valdemir e Orilde.

Ao meu irmão, Luiz Henrik.

Devo-lhes cada linha desta dissertação!

AGRADECIMENTOS

“Não temos controle sobre o aleatório – e muitas vezes não percebemos o quanto o acaso interfere em nossas vidas” (O andar do bêbado). Atribuo a Deus a gratidão por esse componente estocástico que molda a minha jornada. Sou grato por todas as oportunidades e pessoas que Ele colocou no meu caminho, e por sempre estar ao meu lado nas dificuldades. “Que darei eu ao Senhor, por todos os benefícios que me tem feito?” (Salmos 116:12).

Nos últimos dois anos, a USP me ofereceu a oportunidade única de interagir com professores e colegas brilhantes. Sinto uma imensa dívida de gratidão pelas pessoas mencionadas abaixo. Sem suas contribuições, auxílios e amizade, esta experiência continuaria sendo apenas um sonho distante. Antecipadamente, peço desculpas a todos aqueles que não foram citados nestes agradecimentos, mas que também são importantes para mim.

De partida, expresso minha gratidão aos meus pais e meu irmão. Eles são a base sólida sobre a qual estou construindo minha vida e a fonte inesgotável de amor, apoio e orientação. Tenho muito orgulho do caminho que tenho trilhado, mas isso só está sendo possível porque foram eles que iniciaram essa jornada por mim. Apesar da distância, a minha felicidade mora em cada reencontro!

Ao meu orientador, professor Dr. Vitor Augusto Ozaki, cuja excelência na área de estudo é uma verdadeira fonte de inspiração. Agradeço aos professores do departamento de economia da ESALQ, em especial àqueles que contribuíram para a minha formação: Adriano J.B.V. de Azevedo Filho, Alexandre Nunes de Almeida, Ana Lucia Kassouf, Humberto Francisco Silva Spolador, Pedro Carvalho de Mello e Sílvia Helena Galvão de Miranda.

Certamente, eu não poderia deixar de destacar cinco amigos fundamentais neste período: Beatriz Dal Pozzo, por quem tenho muita admiração pela competência acadêmica; Luzia Antunes e Renata Benício, excelentes pesquisadoras, cujas amizades são de imenso valor pra mim; Pedro Oliveira, por todas as horas de estudos compartilhadas no mestrado e por elevar o nível da turma; e Ronaldo Torres, pesquisador brilhante e um grande amigo.

Essa dissertação também é resultado de interações construtivas com colegas de pesquisa. Agradeço a Amanda Diniz pelas dicas pontuais sobre a modelagem do trabalho, e a Gabriele de Almeida por suas significativas contribuições no primeiro artigo. Aproveito também para agradecer aos Doutores Daniel Miquelluti e Luis Henrique Andia por seus comentários pertinentes durante a banca de defesa, enriquecendo o conteúdo deste trabalho.

Agradeço também ao Anderson Fontes, Daniel Brito, Ernandes Barboza, Évelyn Barboza, Everton Costa, Felipe Gurgel, Fernanda Johnston, Isabela Barbosa, Marisa Frota,

Milena Magalhães, Mateus Bomfim, Regina Ávila, Savio Sene, Suelen Gasparetto, Thais Veras, Twanny Oliveira, colegas do GESER e time do vôlei/tênis. Estou certo de que a minha jornada na pós-graduação jamais seria a mesma sem cada um de vocês.

Aos meus amigos, que, mesmo distantes, são sempre importantes pra mim. De Trindade do Sul: Antony Serafini, Eduardo Souza, Lucas Ghedini e Thiago Lorenzi. De Rio Grande: Andreia Hack, Bruna Fonseca, Janaína Jaques, Luis Meirelles, Miriã Rodrigues, prof. Dr. Eduardo Tillmann e prof. Dr. Rodrigo Ávila. Gratifico também: Camila Freitas; Fablon Prado, Gabriel Marano, Ravelly Amorim, Thiago Dias, Vanderson Alves e Vinícius Costa.

Finalmente, a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho, os quais estão eximidos dos eventuais erros cometidos, que são de minha responsabilidade. E claro, também agradeço a mim, porque não aceito meia-dedicação para essa profissão. A lição que fica é: “Seja curioso e resolva os problemas. Se você não cometeu erros, não arriscou o suficiente e a sua curva de aprendizado não foi a mais elevada possível.”

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro através da bolsa concedida. Expresso também meu agradecimento à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e seus funcionários, pelo ambiente de estudos agradável, motivador e repleto de oportunidades, e também agradeço a cidade de Piracicaba, que sempre terá um lugar especial no meu coração.

EPIGRAMA

“Se és capaz de manter tua calma, quando, todo mundo ao redor já a perdeu e te culpa. De crer em ti quando estão todos duvidando, e para esses, no entanto achar uma desculpa.

Se és capaz de esperar sem te desesperares, ou, enganado, não mentir ao mentiroso, ou, sendo odiado, sempre ao ódio te esquivares, e não parecer bom demais, nem pretencioso.

Se és capaz de pensar – sem que a isso só te atires, de sonhar – sem fazer dos sonhos teus senhores. Se, encontrando a Desgraça e o Triunfo, conseguires, tratar da mesma forma a esses dois impostores.

Se és capaz de sofrer a dor de ver mudadas, em armadilhas as verdades que disseste, e as coisas, porque deste a vida estraçalhada, e refazê-las com o bem pouco que te reste.

Se és capaz de arriscar numa única parada, tudo quanto ganhaste em toda a tua vida. E perder e, ao perder, sem nunca dizer nada, resignado, tornar ao ponto de partida.

*De forçar coração, nervos, músculos, tudo, a dar seja o que for que neles ainda existe. E a persistir assim quando, exausto, contudo, resta a vontade em ti, que ainda te ordena:
Persiste!*

Se és capaz de, entre a plebe, não te corromperes, e, entre Reis, não perder a naturalidade. E de amigos, quer bons, quer maus, te defenderes, se a todos podes ser de alguma utilidade.

Se és capaz de dar, segundo por segundo, ao minuto fatal todo valor e brilho. Tua é a Terra com tudo o que existe no mundo, e – o que ainda é muito mais – és um Homem, meu filho!”

Poema If – Rudyard Kipling (tradução de Guilherme de Almeida)

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	10
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABELAS.....	12
LISTA DE QUADROS	13
1. INTRODUÇÃO	15
Referências	18
2. REVISÃO SISTEMÁTICA DOS ASPECTOS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS DO SEGURO FLORESTAL E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O MERCADO BRASILEIRO.....	21
2.1. Introdução.....	21
2.2. Metodologia.....	23
2.2.1. <i>Processo de seleção da literatura</i>	24
2.3. Seguro de florestas no Brasil	25
2.3.1. <i>Participação do seguro de florestas no PSR</i>	27
2.3.2. <i>Características do contrato de seguro florestal</i>	31
2.4. Revisão sistemática	34
2.4.1. <i>Modelos teóricos e atuariais</i>	35
2.4.2. <i>Análises empíricas</i>	40
2.5. Discussão	42
2.6. Considerações Finais	44
Referências	45
ANEXOS	53
3. MODELOS DE PREVISÃO APLICADOS AO PRÊMIO DO SEGURO FLORESTAL NO BRASIL: DISCUSSÕES PARA O PROGRAMA DE SUBVENÇÃO AO PRÊMIO DO SEGURO RURAL (PSR)..	55
3.1. Introdução.....	55
3.2. Informações orçamentárias do PSR.....	57
3.2.1. <i>Relação entre o volume de prêmio florestal e os recursos do PSR</i>	61
3.3. Modelos de previsão em séries temporais	63
3.3.1. <i>Metodologia Box-Jenkins</i>	65
3.3.2. <i>ARIMA</i>	67
3.3.3. <i>SARIMA</i>	68
3.3.4. <i>Modelos não lineares</i>	69
3.3.5. <i>Modelagem híbrida ARIMA-GARCH</i>	70
3.3.6. <i>Base de dados e pré-tratamento</i>	71
3.4. Resultados e Discussões	73
3.5. Conclusões.....	79
Referências	80
4. CONCLUSÃO	85

APÊNDICES87

RESUMO

Contribuições para o desenvolvimento do seguro florestal no Brasil

O setor florestal brasileiro apresenta um desempenho econômico significativo. No entanto, assim como qualquer processo produtivo, enfrenta diversos riscos. Para mitigar tais riscos, o seguro florestal se apresenta como uma estratégia viável. Ao fortalecer a adaptação de práticas de manejo florestal sustentáveis, o seguro pode ajudar a reduzir a pressão sobre áreas verdes, evitando a exploração predatória e contribuindo com o ecossistema. Adicionalmente, ele proporciona estabilidade na produção e nos preços derivados da madeira. No entanto, no contexto brasileiro, o seguro florestal ainda é uma área pouco explorada e a literatura disponível é escassa, o que justifica esse estudo. Diante dessa realidade, esta dissertação se estrutura em dois artigos distintos. O primeiro analisa a origem, evolução e aspectos contratuais do seguro florestal no Brasil, bem como a atual situação de sua comercialização, incluindo uma revisão sistemática de trabalhos relevantes na área. Os resultados desse artigo buscam proporcionar uma melhor compreensão da dimensão atual do mercado de seguros florestais no Brasil, ao mesmo tempo em que visam facilitar o acesso aos principais achados sobre o tema e apontar direções para pesquisas futuras. O segundo artigo apresenta uma proposta metodológica que tem como objetivo enriquecer a discussão sobre o valor do orçamento público necessário para atender a demanda por subvenção no mercado de seguros florestais no país. O tema é particularmente relevante devido às inconsistências identificadas entre o orçamento previsto e os gastos efetivos associados a essa modalidade no Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR) do Governo Federal. Essas inconsistências sugerem a ausência de critérios estatísticos na distribuição de recursos e reforçam alguns dos apontamentos feitos pelo Tribunal de Contas da União (TCU) na Auditoria Operacional do PSR em 2013. Dessa forma, a partir do uso de técnicas de predição aplicadas na série do volume de prêmio do seguro florestal e considerando a subvenção como um percentual desse volume, o estudo concluiu que o orçamento de subvenção necessário para cobrir 100% da demanda por seguro florestal em 2023 e 2024 seria de aproximadamente R\$8.893.190 e R\$8.537.626, respectivamente. Ao levar em conta exclusivamente a capacidade de pagamento do governo, medida pelo volume de prêmio que recebeu apoio do PSR nos últimos cinco anos, esses valores seriam de R\$1.778.638 e R\$1.707.525, respectivamente.

Palavras-chave: Seguro florestal, Riscos, Prêmio, Subvenção, Previsão

ABSTRACT

Contributions to the development of forest insurance in Brazil

The Brazilian forestry sector demonstrates significant economic performance. However, like any productive process, it faces various risks. To mitigate such risks, forest insurance presents itself as a viable strategy. By strengthening the adoption of sustainable forest management practices, insurance can help reduce pressure on green areas, prevent predatory exploitation, and contribute to the ecosystem. Additionally, it provides stability in wood production and prices. However, in the Brazilian context, forest insurance remains an underexplored area with limited available literature, justifying this study. Given this reality, this dissertation is structured into two distinct articles. The first analyzes the origin, evolution, and contractual aspects of forest insurance in Brazil, as well as the current situation of its commercialization, including a systematic review of relevant works in the field. The results of this article aim to provide a better understanding of the current dimension of the forest insurance market in Brazil, while also facilitating access to key findings on the topic and pointing out directions for future research. The second article presents a methodological proposal aimed at enriching the discussion on the value of the public budget necessary to meet the demand for subsidies in the forest insurance market in the country. The topic is particularly relevant due to the inconsistencies identified between the budget forecast and the actual expenses associated with this modality in the Federal Government's Rural Insurance Premium Subsidy Program (PSR). These inconsistencies suggest the absence of statistical criteria in resource distribution and reinforce some of the observations made by the Federal Court of Accounts (TCU) in the Operational Audit of the PSR in 2013. Thus, by using prediction techniques applied to the forest insurance premium volume series and considering the subsidy as a percentage of this volume, the study concluded that the subsidy budget needed to cover 100% of the demand for forest insurance in 2023 and 2024 would be approximately R\$8,893,190 and R\$8,537,626, respectively. Taking into account solely the government's payment capacity, measured by the premium volume that received support from the PSR in the last five years, these values would be R\$1,778,638 and R\$1,707,525, respectively.

Keywords: Forest insurance, Risks, Premium, Subsidy, Forecast

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de Plantio (ha) e a Área Segurada (ha) por Região entre 2013 a 2020.	29
Figura 2. O circuito do seguro florestal.....	39
Figura 3. Fluxograma da abordagem Box-Jenkins.....	66
Figura 4. Etapas do procedimento híbrido ARIMA-GARCH.....	71
Figura 5. Volume de Prêmio Direto no Brasil, em milhões (R\$), entre o período de janeiro de 2007 a junho de 2023.	71
Figura 6. Série de subvenção anual e série de subvenção desagregada do seguro florestal, para o período de 2007 a 2023.	72
Figura 7. Gráfico da verificação da variabilidade.	73
Figura 8. FAC e FACP da série em log.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Participação acumulada relativa do seguro florestal no PSR (2006 a 2022).	27
Tabela 2. Dados acumulados do seguro florestal no Brasil por região (2006 a 2022).	28
Tabela 3. Dados acumulados do seguro florestal no Brasil por seguradora (2006 a 2022).	30
Tabela 4. Ajuste do prazo de vigência nos casos de falta de pagamento de parcelas.	33
Tabela 5. Estimativa do valor total de subvenção de acordo com o PTSR (2022-2024).	58
Tabela 6. Distribuição do orçamento do PSR para o exercício de 2023.	59
Tabela 7. Recursos orçados e gastos efetivos para a modalidade do seguro florestal no PSR (2020-2023).	60
Tabela 8. Relação entre os dados da SUSEP e do Atlas do Seguro Rural (2010-2022).	62
Tabela 9. Resultados do teste Dickey-Fuller de raiz unitária para a série em log.	74
Tabela 10. Resultados do teste HEGY de raiz unitária sazonal.	75
Tabela 11. Resultado da estimação dos parâmetros dos modelos SARIMA escolhidos.	76
Tabela 12. Resultados dos critérios de desempenho dos modelos de previsão.	77
Tabela 13. Previsões e intervalo de confiança com o modelo SARIMA (0,0,0) (2,1,0).	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Informações gerais sobre os seguros ofertados por seguradoras ligadas ao PSR. .	31
Quadro 2. Riscos cobertos e excluídos do seguro florestal.....	32
Quadro 3. Informações gerais sobre os artigos selecionados.....	35
Quadro 4. Resumo dos limites e percentuais de subvenção dos recursos do PSR (2022-2024).	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIC – Akaike Information Criterion

ARCH – AutoRegressive Conditional Heterocedasticity

ARIMA – AutoRegressive Integrated Moving Average

BPE – Benefício Periódico Equivalente

CNSP – Conselho Nacional de Seguros Privados

CGSR – Comitê Gestor Interministerial do Seguro Rural

DAP – Disposição a Pagar

DOU – Diário Oficial da União

FAC – Função de Autocorrelação

FACP – Função de Autocorrelação Parcial

FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação

GARCH – Generalized AutoRegressive Conditional Heterocedasticity

FERS – Fundo de Estabilidade do Seguro Rural

IBA – Industria Brasileira de Árvores

IGP – Índice Geral de Preços

ISSN – International Standard Serial Number

LMI – Limite Máximo de Indenização

MAE – Mean Absolute Error

MAPA – Ministério da Agricultura e Pecuária

MAPE – Mean Absolute Percentage Error

PIB – Produto Interno Bruto

POS – Participação Obrigatória do Segurado

PSR – Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural

PTSR – Plano Trienal do Seguro Rural

RMSE – Root Mean Square Error

SARIMA – Seasonal AutoRegressive Integrated Moving Average

SES – Sistema de Estatísticas

SUSEP – Superintendência de Seguros Privados

TCU – Tribunal de Contas da União

TIR – Taxa Interna de Retorno

VPL – Valor Presente Líquido

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2020), as regiões florestais cobrem cerca de um terço da superfície terrestre global. Mais da metade das florestas estão localizadas em apenas cinco países, sendo eles Rússia, Brasil, Canadá, Estados Unidos e China. Dessa extensão total, 93% correspondem a florestas naturais, 3% são florestas plantadas para fins comerciais, o que é equivalente a aproximadamente 131 milhões de hectares, e o restante são áreas plantadas não manejadas. Considerando exclusivamente as plantações comerciais, a América do Sul apresenta a maior porcentagem de plantios, com cerca de 99% da categoria total, sendo que aproximadamente 7% pertencem ao Brasil.

No período de 2010 a 2020, a área total de florestas plantadas no mundo experimentou um aumento anual médio de aproximadamente 3.06 milhões de hectares, direcionados principalmente para a produção florestal (FAO, 2020). Destaca-se que, além de fornecer uma fonte sustentável de madeira para atender à demanda por recursos florestais, as florestas plantadas para fins comerciais também ajudam a reduzir a pressão sobre as áreas verdes, evitando a exploração predatória e contribuindo com o ecossistema (Barreal; Loureiro; Picos, 2014). No Brasil, de acordo com a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2022), a cadeia produtiva florestal registrou um crescimento real de 20.5% no valor adicionado, superando o aumento de 7.4% no PIB nacional entre 2010 e 2021.

De fato, a importância do setor florestal brasileiro é evidenciada quando se considera o seu desempenho econômico. No ano de 2021, a área de florestas cultivadas no país abrangeu aproximadamente 9.93 milhões de hectares, resultando em uma receita bruta de R\$244.6 bilhões. Além disso, o setor contribuiu com R\$28 bilhões em tributos federais e estaduais, além de realizar investimentos produtivos no valor de R\$15.1 bilhões. Essa atividade econômica também gerou diretamente 553 mil postos de trabalhos diretos, além de 1.59 milhão de empregos indiretos. Por fim, a balança comercial do setor registrou US\$10.7 bilhões, representando 4.2% do total de exportações brasileiras no mesmo ano (IBÁ, 2022).

Ainda no contexto da produção florestal, destaca-se que o sucesso de uma iniciativa de extração não se restringe exclusivamente à implementação de um manejo adequado (Prata, 2012), uma vez que está sujeito à influência de múltiplos fatores, incluindo riscos associados às variáveis climáticas e elementos antrópicos que não podem ser controlados de forma direta pelo produtor (Kuboyama; Oka, 2000). De acordo com Kuboyama e Oka (2000), a silvicultura está sujeita a riscos como desastres climáticos, surto de insetos, pragas e doenças.

Portanto, a elaboração de estratégias que apoiem a atividade florestal torna-se crucial para mitigar os riscos e incentivar o crescimento econômico sustentável desse setor.

Dessa forma, existem medidas que podem ser implementadas com o objetivo de reduzir as perdas financeiras decorrentes de eventos adversos. Uma alternativa comum nesses casos é a contratação de seguros, que se apresentam como uma opção viável para minimizar esses impactos. De acordo com Fornazier, Souza e Ponciano (2012), o seguro rural é uma forma de contrato que estabelece a obrigação da seguradora em indenizar o segurado por danos provenientes de eventos adversos determinados na apólice, mediante o pagamento de uma taxa denominada prêmio. Assim, é garantido a continuidade da produção em casos de eventos adversos.

De maneira geral, os requisitos essenciais para que um risco seja considerado “segurável” e, portanto, possa ser efetivamente coberto por um seguro, são conhecidos como condições de segurabilidade (Ozaki, 2007). Essas condições abrangem os seguintes aspectos: “i) a perda esperada deve ser calculável; ii) as circunstâncias de uma perda devem ser bem definidas, além disso, devem ser não intencionais e acidentais; iii) deve haver um grande número de unidades expostas, homogêneas e independentes; iv) o prêmio deve ser economicamente viável; v) não deve haver perda catastrófica” (Ozaki, 2007). Devido a vulnerabilidade das condições de segurabilidade em razão dos riscos, torna-se evidente a necessidade de intervenções de políticas públicas para mitigar esse problema.

No Brasil, o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR) é a principal política pública destinada a incentivar a contratação de seguros rurais no país. O programa foi instituído através da Lei nº 10.823/2003, regulamentada pelo Decreto nº 5.121/2004, no qual o Poder Executivo recebe autorização para fornecer incentivos econômicos para reduzir o valor do prêmio do seguro rural (Brasil, 2003; Brasil, 2004). De acordo com Macedo, Pacheco e Espírito Santo (2013), o programa é destinado para os produtores rurais, sendo que a responsabilidade pelo funcionamento é atribuída ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Através do PSR, a cobertura securitária do campo pode ser ampliada (Medeiros, 2013). Conforme o Decreto nº 5.121/2004, as diretrizes do PSR são: “promover a universalização do acesso ao seguro rural; assegurar o papel do seguro rural como instrumento para a estabilidade da renda agropecuária e induzir o uso de tecnologias adequadas; modernizar a gestão do empreendimento agropecuário” (Brasil, 2004). No entanto, o programa apresenta desafios que demandam soluções. Dentre eles, destaca-se que a indefinição de metodologias para determinar o volume de recursos governamentais destinados

à subvenção é um dos problemas que dificultam a tomada de decisões por parte do mercado (Adami; Ozaki, 2012). Adicionalmente, o orçamento disponibilizado para o programa não costuma ser suficiente para atender a demanda dos segurados (Medeiros, 2013).

Por sua vez, o seguro de florestas é uma das modalidades de seguro rural vinculada ao PSR e regulamentada pela Superintendência de Seguros Privados (SUSEP). No entanto, conforme destaca Prata (2012), o mercado do seguro florestal ainda é pouco explorado no Brasil sobretudo pela presença de assimetria informacional, que pode dar origem a problemas como risco moral e seleção adversa. Apesar disso, observa-se que houve um aumento na demanda por esse tipo de seguro a partir da implementação do PSR, o que torna esse mercado bastante promissor (Pereira, 2017). Nesse sentido, existem diversos aspectos relacionados ao seguro florestal que ainda não foram respondidos.

Com base nisso, o objetivo deste estudo, composto por dois artigos, é fornecer uma contribuição ao campo de pesquisa relacionado ao seguro florestal no Brasil. O primeiro artigo contextualiza historicamente o tema, apresenta o panorama atual e obtém uma fotografia recente da comercialização deste tipo de seguro através de uma análise descritiva e exploratória de dados. Adicionalmente, é realizada uma revisão sistemática dos principais e mais recentes métodos utilizados para avaliação deste instrumento. Os resultados desta pesquisa buscam proporcionar uma melhor compreensão do mercado de seguros florestais e sua dimensão atual no contexto brasileiro, ao mesmo tempo em que visam facilitar o acesso aos principais achados sobre o tema e apontar direções para pesquisas futuras.

O segundo artigo, por sua vez, apresenta uma abordagem metodológica para discutir o orçamento de subvenção necessário para atender a demanda por seguro florestal no Brasil. O tema é particularmente relevante devido às inconsistências identificadas entre o orçamento e os gastos efetivos associados a essa modalidade no PSR. A análise foi conduzida através da modelagem da série temporal do prêmio direto do seguro florestal, abrangendo o período de janeiro de 2007 a junho de 2023, com projeções estendidas para os anos de 2023 e 2024, coincidindo com o encerramento do atual Plano Trienal do Seguro Rural (PTSR). Nesse processo, foram examinados modelos autorregressivos integrados de média móvel (ARIMA), bem como suas variações com sazonalidade e variáveis regressoras (SARIMA/SARIMAX), modelos não-lineares (ARCH e GARCH), e abordagens híbridas (ARIMA-GARCH).

De forma conjunta, este trabalho é organizado em 3 capítulos, além dessa introdução. O segundo capítulo aborda o artigo intitulado “Revisão sistemática dos aspectos teóricos e metodológicos do seguro florestal e suas implicações para o mercado brasileiro”. O terceiro capítulo trata do artigo denominado “Modelos de previsão aplicados ao prêmio do seguro

florestal no Brasil: discussões para o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR)”. Por fim, são apresentadas as conclusões.

Referências

ADAMI, A.; OZAKI, V. Modelagem estatística dos prêmios do seguro rural. **Revista de Política Agrícola**, v. 21, n. 1, p. 60-75, 2012.

BARREAL, J.; LOUREIRO, M. L.; PICOS, J. On insurance as a tool for securing forest restoration after wildfires. **Forest Policy and Economics**, v. 42, p. 15-23, 1 maio 2014.

BRASIL. Leis, decretos, portarias etc. Lei nº 10.823, de 19 de dezembro de 2003. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/110.823.htm>. Acesso em: 02 ago. 2023.

BRASIL. Leis, decretos, portarias etc. Decreto nº 5.121, de 29 de junho de 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5121.htm>. Acesso em 02 ago. 2023.

Global Forest Resource Assessment 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/forest-resources-assessment/2020>. Acesso em: 1 ago. 2023.

FORNAZIER, A.; SOUZA, P. M. DE; PONCIANO, N. J. A Importância do Seguro Rural na Redução de Riscos da Agropecuária. **Revista de Estudos Sociais**, v. 14, n. 28, p. 39-52, 2012.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Anual Iba – 2022**. São Paulo, 2022. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf>>. Acesso em: 1 ago. 2023.

KUBOYAMA, H.; OKA, H. Climate risks and age-related damage probabilities - effects on the economically optimal rotation length for forest stand management in Japan. **Silva Fennica**, v. 34, n.2, p. 155-166, 2000.

MACEDO, L. O. B.; PACHECO, A. B.; SANTO, E. S. DO E. A evolução do Programa de Subvenção do Prêmio do Seguro Rural: uma avaliação do período 2006-10. **Indicadores Econômicos FEE**, v.40, n.4, 24 jun. 2013.

- MEDEIROS, E. A. DE. Avaliação da implementação do programa de subvenção do prêmio do Seguro Rural. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, p. 295-308, jun. 2013.
- OZAKI, V.A. O Papel do Seguro na Gestão do Risco Agrícola e os Empecilhos para o seu Desenvolvimento. **Revista Brasileira de Risco e Seguro**, v.2, n.4, p.75-92, 2007.
- PEREIRA, R. S. **Custo do seguro de florestas em plantios florestais**. 2017. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ciência Florestal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2017.
- PRATA, A. S. **Estimação do risco e do valor da floresta para fins securitários no Brasil**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Curso de Recursos Florestais (Silvicultura e Manejo Florestal), Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Piracicaba, 2023.

2. REVISÃO SISTEMÁTICA DOS ASPECTOS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS DO SEGURO FLORESTAL E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O MERCADO BRASILEIRO

Resumo

A silvicultura desempenha um papel importante na agropecuária, abrangendo atividades essenciais como o plantio e a exploração das florestas. No entanto, é uma atividade suscetível a uma variedade de riscos que podem ter impactos significativos em seu desempenho. Apesar da expressiva capacidade produtiva da indústria florestal brasileira, a utilização do seguro florestal como estratégia de mitigação de riscos ainda é pouco explorada. Diante da escassez de literatura nacional sobre o tema, este estudo visa analisar de maneira descritiva e exploratória o mercado de seguros florestais no país. Além disso, busca fornecer uma revisão sistemática dos principais métodos teóricos, atuariais e empíricos utilizados para avaliar esse instrumento. Nesse contexto, observou-se uma baixa adesão ao seguro florestal no país e poucas empresas atuantes. Notou-se também uma participação limitada de pesquisadores no campo do seguro florestal, resultando em um número reduzido de publicações, predominantemente concentradas no aspecto teórico, devido à falta de dados disponíveis para pesquisas empíricas.

Palavras-chave: Seguro de florestas, Riscos, Revisão de literatura

Abstract

Forestry plays an important role in agriculture, encompassing essential activities such as forest planting and exploitation. However, it is an activity susceptible to a variety of risks that can have significant impacts on its performance. Despite the remarkable productive capacity of the Brazilian forestry industry, the use of forest insurance as a risk mitigation strategy is still underexplored. Given the scarcity of national literature on the subject, this study aims to descriptively and exploratively analyze the forest insurance market in the country. Additionally, it seeks to provide a systematic review of the main theoretical, actuarial, and empirical methods used to evaluate this instrument. In this context, there was observed low adherence to forest insurance in the country and few active companies. Furthermore, there was noticed limited participation of researchers in the field of forest insurance, resulting in a reduced number of publications, predominantly concentrated on the theoretical aspect, due to the lack of available data for empirical research.

Keywords: Forest insurance, Risks, Literature review

2.1. Introdução

É conhecido que as atividades relacionadas à agropecuária enfrentam uma variedade de eventos incertos que podem ter impactos significativos na cadeia alimentar, no rendimento dos produtores e no mercado consumidor. Nesse contexto, a gestão de riscos assume uma importância estratégica, especialmente devido ao fato de que grande parte dessas atividades são conduzidas ao ar livre, sujeitas a estresses e condições climáticas adversas, que têm o

potencial de se intensificar no futuro (Lopes, 2017). Dessa forma, os produtores se veem constantemente confrontados com uma gama de riscos de diferentes origens: riscos de produção, mercado, financeiro, institucional e humano (Roberts, 2005).

A silvicultura, por sua vez, é o setor da agropecuária responsável pelo plantio e exploração das florestas. De acordo com Hanewinkel, Humeel e Albrecht (2011), os principais riscos enfrentados nessa atividade estão relacionados a incêndios, tempestades, insetos, geadas, deslizamentos de terra e inundações. Estima-se que no intervalo de tempo entre 2002 a 2013, aproximadamente 67 milhões de hectares de florestas foram queimadas anualmente em todo planeta. Adicionalmente, um total de 85 milhões de hectares foram afetados por insetos, enquanto 38 milhões foram impactados por condições climáticas severas e 12.5 milhões por doenças (Brunette; Couture, 2023). Portanto, esses eventos adversos podem ter um impacto significativo no manejo das florestas e, por consequência, nas economias locais e global.

Nesse sentido, Lindner *et al.* (2014) sugerem que, para lidar com as condições adversas na produção, devem ser empregadas estratégias silviculturais diversas, que incluem diferentes combinações de espécies florestais e diversificação espacial, tanto em níveis regionais quanto locais. Adicionalmente, a intervenção financeira é outra forma de gestão de riscos aplicável ao setor florestal (Saccheli; Cipollaro; Fabbrizzi, 2018). Nessa perspectiva, o seguro de florestas surge como uma alternativa promissora para mitigar os riscos financeiros (Schoene; Bernier, 2012).

Conforme destaca Dai, Chang e Liu (2015), o seguro oferece proteção aos proprietários contra perdas econômicas e permite a estabilização da renda em situações de produção incertas e arriscadas. Dessa forma, os proprietários de florestas dispõem de uma opção para a transferência dos riscos envolvidos por meio de um contrato de seguro, no qual a companhia seguradora cobra uma taxa (prêmio). Durante o ciclo produtivo, caso sejam evidenciadas perdas em decorrência de eventos contemplados na apólice, a seguradora provê uma compensação financeira que possibilita ao produtor recuperar áreas afetadas. Desse modo, a adoção de estratégias para o gerenciamento de riscos, como a contratação de seguro, é fundamental para o crescimento do setor, mantendo assim a competitividade e a sustentabilidade do mercado (Moreira; Oliveira, 2017).

Recentemente, houve um aumento significativo no interesse pelos estudos sobre o seguro florestal, devido à crescente preocupação com os possíveis impactos das mudanças climáticas na produtividade das florestas (Pinheiro; Ribeiro, 2013). Apesar disso, o desenvolvimento desse tipo de seguro tem sido lento e isso pode ser explicado por alguns

obstáculos, como prêmios elevados, insuficiência de informações, falta de incentivo público e modelos de gestão inapropriados (Brunette *et al.*, 2015). O risco moral e a seleção adversa também são alguns dos problemas relacionados à assimetria de informações neste mercado (Arrow, 1968). Dessa forma, conforme destaca Pereira *et al.* (2018), é fundamental a realização de estudos mais aprofundados que permitam aprimorar as estratégias de gestão e minimizar os obstáculos que atualmente impedem sua ampla adoção.

Nesta perspectiva, os principais objetivos deste artigo são conduzir uma análise descritiva e exploratória do atual panorama do mercado de seguros florestais no Brasil e fornecer uma revisão sistemática dos principais e mais recentes métodos teóricos e empíricos utilizados para avaliação deste instrumento. Observou-se um grande potencial de crescimento do seguro de florestas no Brasil e identificou-se pouca literatura nacional sobre o tema, o que justifica o presente trabalho. Espera-se que os resultados desta pesquisa possam contribuir para a melhor compreensão do mercado de seguros florestais e sua dimensão atual no contexto brasileiro, bem como identificar inconsistências no mercado e propor sugestões de melhorias.

Para alcançar tais objetivos, o artigo está organizado em seis partes a partir desta primeira seção introdutória. A segunda seção apresenta os aspectos metodológicos utilizados no trabalho. A terceira seção traz informações históricas e atuais sobre o mercado de seguros no Brasil. Na sequência, a quarta seção fornece uma síntese do conhecimento econômico existente sobre o seguro florestal na literatura econômica. Na seção cinco é apresentada a discussão dos resultados do artigo e por fim, as considerações finais.

2.2. Metodologia

Na etapa inicial deste estudo, foram coletadas informações e dados relativos ao mercado de seguros florestais por meio de fontes governamentais, tais como o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), o Diário Oficial da União (DOU), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Superintendência de Seguros Privados (SUSEP), e através de sites de empresas atuantes no mercado brasileiro de seguros florestais, incluindo Mapfre, Allianz e Fairfax. Seguindo as orientações de Gil (2002), a técnica utilizada nesta etapa da pesquisa é classificada como exploratória e descritiva, com o propósito de aumentar a familiaridade com o tema investigado e descrever suas características, respectivamente.

De acordo com Cervo e Bervian (2002), em estudos exploratórios e descritivos, a elaboração de hipóteses não é necessária, pois o foco é na definição dos objetos e na busca de

informações relevantes sobre o tema investigado. A metodologia empregada nesse tipo de estudo é flexível e pode incluir diferentes técnicas de coletas de dados, tais como levantamento bibliográfico, análise documental, questionários e observações diretas. Nesse sentido, os estudos exploratórios servem como uma base para o planejamento de pesquisas mais aprofundadas, permitindo a identificação de lacunas de conhecimento e potenciais oportunidades de pesquisa (Flick, 2009).

Na segunda etapa, realizou-se uma revisão bibliográfica sistemática. Essa abordagem consiste em reunir, sintetizar e avaliar criticamente os resultados de múltiplos estudos primários, bem como dar lógica a um conjunto de documentos, visando sua reprodutibilidade por outros pesquisadores (Cordeiro *et al.* 2007). Tal abordagem explana de forma explícita as bases de dados bibliográficos que foram consultadas, as estratégias de busca empregadas em cada base, os critérios de inclusão e exclusão utilizados para selecionar os artigos, bem como o processo de análise dos mesmos (Galvão; Ricarte, 2019).

Segundo Okoli, Duarte e Mattar (2019), a reprodutibilidade é uma característica importante de estudos rigorosos, mas a qualidade de um estudo depende principalmente de sua capacidade de incorporar de forma abrangente toda a literatura relevante. Portanto, é essencial que a seleção de estudos seja cuidadosa para evitar a exclusão injustificada de pesquisas que possam ser significativas para o conhecimento geral sobre o assunto. Além disso, a busca bibliográfica deve ser completa e abrangente, a fim de não excluir estudos potencialmente importantes (Okoli; Duarte; Mattar, 2019). A seguir, apresenta-se o procedimento de seleção da literatura empregado neste estudo.

2.2.1. Processo de seleção da literatura

A pesquisa bibliográfica foi conduzida através de uma busca eletrônica em bases de dados nacionais e internacionais, que contêm artigos indexados, utilizando palavras-chave específicas relacionadas ao tema de estudo. As palavras-chave utilizadas na busca foram: “*seguro de florestas*”, “*seguro florestal*”, “*forest insurance*”. Para realizar a investigação, foram selecionados portais consolidados na área de revisões de literatura, incluindo a *Web of Science*, *Scopus*, *SciELO*, *Forest Science Database*, *ScienceDirect*, *Springer Link*, *CAPES periódicos*, *JSTOR* e a ferramenta de busca *Google Scholar*.

Com base na busca realizada até abril de 2023, foram selecionados 31 artigos para a revisão. A seleção dos artigos foi feita segundo critérios previamente estabelecidos, como a utilização dos idiomas português, inglês ou espanhol, a revisão por pares e o foco específico

no tema do seguro florestal, delimitado pelas palavras-chave, além de considerar apenas os artigos publicados no intervalo de tempo de 20 anos. Os artigos que não atenderam a esses critérios de inclusão, como aqueles que não abordaram o tema ou não foram revisados por pares, e aqueles escritos em idiomas diferentes dos mencionados anteriormente, foram excluídos. A seguir, apresenta-se uma síntese dos estudos realizados e da discussão acerca da temática no contexto brasileiro.¹

2.3. Seguro de florestas no Brasil

No Brasil, o seguro destinado às áreas florestais foi instituído por meio da publicação da Circular SUSEP n° 14, em 23 de fevereiro de 1978² (Brasil, 1978). Essa normativa teve um papel fundamental ao estabelecer as bases gerais para a operação e desenvolvimento do seguro de florestas no país, que anteriormente era considerado uma modalidade específica de seguro contra incêndios. A partir da aprovação das condições gerais, as empresas seguradoras interessadas foram autorizadas a atuar nesse setor mediante a obtenção da habilitação junto à SUSEP.

A circular SUSEP n°14/1978 estabeleceu que o seguro florestal cobriria danos diretos decorrentes de incêndio, bem como fenômenos meteorológicos como chuvas excessivas, ventos fortes (com velocidade superior a 15 m/s ou 54 km/h), ventos frios, granizo, geada, seca e raio, além de doenças e infestações generalizadas de pragas (Brasil, 1978). Para fins de seguro, considera-se “floresta” como a plantação de árvores em um mesmo terreno ou em terrenos contíguos pertencentes ao mesmo proprietário, que deveria ser isolada de outras plantações idênticas ou acidentais geográficos para evitar que um eventual incêndio se propagasse de forma descontrolada.

Ao longo dos anos seguintes, diversas circulares foram criadas pela SUSEP para atualizar as condições gerais do seguro de florestas. Dentre elas, destacam-se as circulares n°42/1979, n°09/1980 e n°51/1982 (Brasil, 1979; Brasil, 1980; Brasil, 1982). No ano de 1991, a Lei n° 8.171 foi promulgada, estabelecendo as primeiras ações e instrumentos de política pública para o seguro florestal (Brasil, 1991). Com isso, o Poder Público passou a conceder incentivos especiais e garantias nas operações de crédito rural aos produtores que possuíssem

¹ As seções 2.3 e 2.3.1 fornecem atualizações e complementam algumas informações previamente apresentadas por Pereira (2017).

² A Circular SUSEP n° 14/1978 foi revogada pela Circular n° 301/2005. O anexo A apresenta o histórico das alterações na legislação do seguro florestal.

apólices de seguro, incluindo o seguro florestal. Essas medidas estimularam a adoção de práticas mais seguras e sustentáveis no cultivo de florestas, além de proteger os produtores em eventuais prejuízos causados por fenômenos naturais.

Por fim, em 30 de setembro de 2004, a Circular SUSEP nº268, foi responsável por atualizar as condições contratuais para um plano padronizado do seguro de florestas, estabelecendo as normas para a contratação deste tipo de seguro (Brasil, 2004). Entretanto, a circular foi revogada pela Circular SUSEP nº 518, de 20 de agosto de 2015, gerando um período sem condições contratuais. Somente em 2020, a publicação da Circular SUSEP nº 604, de 22 de maio de 2020, revogou a Circular nº 518/2015, tornando válidas novamente as condições contratuais do plano padronizado do seguro de florestas estabelecidas pela Circular nº 268/2004, que estão em vigor (Brasil, 2015; Brasil, 2020).

Em relação às políticas públicas de incentivo ao seguro florestal, merece destaque a criação do Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR) pelo Governo Federal, mediante a Lei 10.823 de 2003 (Brasil, 2003). Essa legislação estabeleceu a concessão de um montante de subvenção econômica ao prêmio do seguro rural, fornecido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Como resultado, a partir de 2005, por meio do Decreto 5.514/2005, o seguro florestal foi incluído como uma das modalidades contempladas pelo PSR, permitindo aos produtores florestais uma proteção mais adequada e acessível para suas atividades (Brasil, 2005).

Conforme estabelecido pelo Plano Trienal do Seguro Rural (PTSR) vigente, consubstanciado pela Lei nº 10.823/2003, o Poder Executivo possui a prerrogativa de determinar as diretrizes técnicas e financeiras a serem observadas em cada triênio do PSR (Brasil, 2003). No que tange às atividades florestais, observa-se que o limite de subvenção atual por beneficiário corresponde a R\$60 mil, enquanto que o percentual limite de subvenção equivale a 40% do valor total do seguro contratado.

Atualmente, existem duas modalidades de seguro florestal: o seguro sem cobertura do Fundo de Estabilidade do Seguro Rural (FESR) e o seguro com cobertura do FESR (Pereira, 2017). O FESR é uma proteção adicional às seguradoras, garantido por meio do fundo estabelecido pelos artigos 16 e 17 do Decreto-Lei nº 73/1966 (Brasil, 1966), mantido pelo Governo Federal com o objetivo de garantir a estabilidade das operações de seguro rural e atender à cobertura suplementar dos riscos de catástrofes (Pereira, 2017).

2.3.1. Participação do seguro de florestas no PSR

A participação do seguro florestal no Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR) tem sido limitada. De acordo com os dados da Tabela 1, referente a participação acumulada do seguro florestal no PSR no período de 2006 a 2022, pode-se observar que dos 1.441.289 contratos de apólices de seguro rural celebrados nesse intervalo de tempo, 3.928 correspondem ao seguro florestal, o que representa uma parcela de 0.27%. Além disso, a área total coberta pelo seguro rural atingiu 107.865.469 hectares, dos quais 1.68% são protegidos pelo seguro florestal.

Tabela 1. Participação acumulada relativa do seguro florestal no PSR (2006 a 2022).

Arranjo	Apólices	Área (ha)	Valor Segurado (R\$)	Prêmio (R\$)	Subvenção (R\$)
Rural	1.441.289	107.865.469	297.194.163.135	19.581.927.762	7.456.737.936
Florestas	3.928	1.814.562	7.306.084.676	81.652.097	22.894.556
%	0.27	1.68	2.46	0.04	0.31

Fonte: Atlas do Seguro Rural (MAPA, 2023).

Em termos financeiros, o valor total acumulado de cobertura do seguro rural atingiu R\$297.194.163.135, dos quais R\$7.306.084.676 foram direcionados ao seguro florestal, representando uma parcela consideravelmente reduzida. Em relação aos prêmios pagos pelos segurados no período de 2006 a 2022, que totalizaram R\$19.581.927.762, constatou-se que 0.04% desse montante foram originados do seguro florestal. Adicionalmente, é importante destacar que no contexto das subvenções governamentais concedidas ao seguro rural, que alcançaram R\$7.456.737.936, apenas R\$22.894.556 foram alocados para o seguro de florestas, representando 0.31%.

A Tabela 2 apresenta os dados acumulados por região da participação do seguro florestal no PSR durante o período de 2006 a 2022. A Região Sudeste se destaca pelo maior número de apólices contratadas (2.271), maior arrecadação do prêmio (R\$29.515.827) e a maior subvenção concedida (R\$10.706.293). Por outro lado, a Região Sul apresentou a maior área segurada (752.098 hectares), seguida pela Região Centro-Oeste (625.042 hectares). Notavelmente, a Região Centro-Oeste registrou o maior valor segurado acumulado, totalizando R\$2.947.676.564.

Tabela 2. Dados acumulados do seguro florestal no Brasil por região (2006 a 2022).

Região	Apólices	Área (ha)	Valor Segurado (R\$)	Prêmio (R\$)	Subvenção (R\$)
Sul	686	752.098	1.393.279.041	21.310.976	4.090.261
Sudeste	2271	318.782	2.510.308.196	29.515.827	10.706.293
Centro-Oeste	621	625.042	2.947.676.564	25.711.767	6.308.338
Norte	40	65.613	158.776.199	1.747.440	415.498
Nordeste	310	53.027	297.044.676	3.366.087	1.374.166

Fonte: Atlas do Seguro Rural (MAPA, 2023).

Durante esse período, constatou-se uma baixa adesão ao seguro florestal nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. A Região Norte apresentou apenas 40 apólices nessa modalidade, enquanto a Região Nordeste registrou 310. Além disso, as áreas seguradas nessas regiões foram significativamente inferiores em comparação com as demais regiões, totalizando 65.613 hectares na Região Norte e 53.027 hectares na Região Nordeste. Os valores segurados também foram inferiores, sendo R\$158.776.199 na Região Norte e R\$297.044.676 na Região Nordeste. Da mesma forma, o prêmio arrecadado e as subvenções concedidas foram bastante limitados para o desenvolvimento do mercado de seguros florestais nessas duas regiões.

A Figura 1 mostra a relação entre as áreas de plantios florestais e as áreas protegidas pelo seguro de florestas durante o período de 2013 a 2020. Durante esse período, a área de plantio florestal aumentou em aproximadamente 1.3 milhão de hectares, sendo que o valor inicial era de 8.297.535 hectares. A área segurada, no entanto, apresentou um declínio significativo. Com base nos dados do PSR, houve um aumento considerável na área segurada de 2013 para 2014, em que o valor passou de 204.078 hectares para 348.465 hectares. No entanto, a partir de 2015³, a área sofreu uma queda drástica, chegando a 43.218 hectares, mantendo-se nessa faixa até atingir 34.307 hectares em 2020. Observa-se que 2014 foi o ano com a maior proporção entre área cultivada e segurada (3.71%), indicando que esse tipo de seguro ainda é pouco explorado e possui um grande potencial de expansão.

Mais uma vez, as regiões Sul e Sudeste se destacam, abrangendo mais da metade da área total plantada no país. Apesar disso, apenas a Região Sul apresentou uma redução nesse

³ De acordo com Wedekin (2019), em 2015, houve um contingenciamento de recursos no PSR em razão da deterioração das contas do governo federal. O corte no orçamento teve como reflexo imediato a redução do capital segurado, da área e do número de produtores cobertos por seguro.

valor⁴, com 144.779 hectares a menos em 2020, em comparação com os 3.280.656 hectares registrados em 2013. Por outro lado, as demais regiões, embora tenham uma representatividade menor no contexto geral, apresentaram acréscimos mais significativos na área de plantio ao longo do período analisado. Notavelmente, o Norte registrou um aumento de 72.86%, enquanto o Centro-Oeste teve um crescimento de 43.71% a mais em área plantada em 2020 em relação ao ano base de 2013.

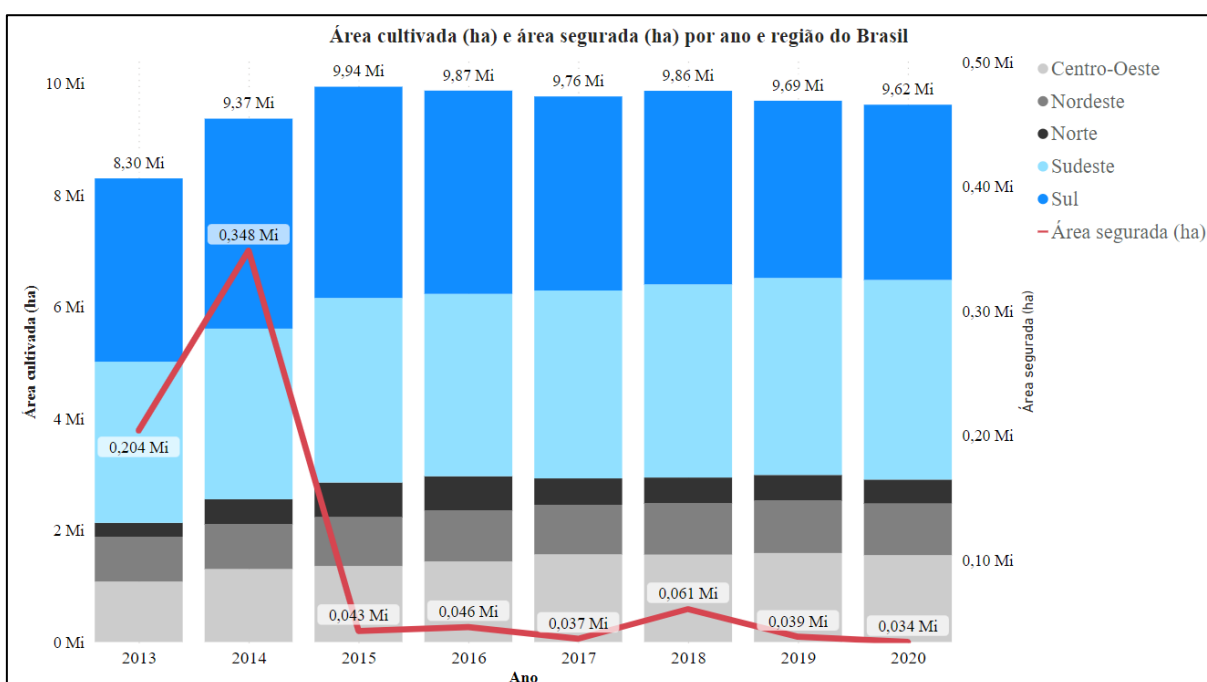


Figura 1. Área de Plantio (ha) e a Área Segurada (ha) por Região entre 2013 a 2020.

Fonte: Atlas do Seguro Rural (MAPA, 2023) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021).

Com base nas informações do Atlas do Seguro Rural, identificou-se um conjunto de cinco empresas que atuaram no segmento de seguros florestais no Brasil e tiveram vínculo com o PSR durante o período de 2006 a 2022: Mapfre, Allianz, Swiss Re, Fairfax e Itaú. No entanto, nos últimos 5 anos, somente as empresas Mapfre e Fairfax solicitaram subvenção do programa do Governo Federal. A Tabela 3 apresenta dados cumulativos do seguro florestal no Brasil, categorizados por seguradora e abrangendo o período entre os anos de 2006 a 2022.

⁴ A redução da área total de florestas plantadas na Região Sul pode ser explicada pelo processo de expansão do cultivo da soja nesse mesmo período, conforme Zorzi *et al.* (2023).

Tabela 3. Dados acumulados do seguro florestal no Brasil por seguradora (2006 a 2022).

Seguradora	Apólices	Área (ha)	Valor Segurado (R\$)	Prêmio (R\$)	Subvenção (R\$)
Mapfre	2.376	634.119	3.841.721.716	47.272.388	15.426.145
Allianz	1.478	364.465	1.250.688.124	18.413.741	6.201.326
Swiss Re	42	755.522	2.113.116.838	13.047.562	747.905
Fairfax	23	35.353	71.558.001	1.161.676	263.774
Itaú	9	25.103	29.999.997	1.756.730	255.406
Total	3.928	1.814.562	7.306.084.676	81.652.097	22.894.556

Fonte: Atlas do Seguro Rural (MAPA, 2023).

A Mapfre destaca-se como a seguradora com o maior número de apólices (2.376) e valor segurado (R\$3.841.721.716). No período analisado, a empresa registrou o acumulado de R\$47.272.388 em prêmios arrecadados e R\$15.426.145 em subvenções. A Allianz, por sua vez, também apresentou números expressivos, embora inferiores aos da Mapfre. No período de 2006 a 2022 a empresa Allianz registrou 1.478 apólices, com 364.465 hectares de área segurada. O valor segurado foi de R\$1.250.688.124, com um prêmio arrecadado de R\$18.413.741 e uma subvenção proporcional ao prêmio de R\$6.201.326.

A Swiss Re, apesar de ter emitido apenas 42 apólices, apresentou a maior área segurada, abrangendo 755.522 hectares, com um valor segurado de R\$2.113.116.838. Por outro lado, a Fairfax e o Itaú possuem uma participação menor no mercado, com o menor número de apólices (23 e 9, respectivamente) e áreas seguradas menores (35.353 hectares e 25.103 hectares). Em termos de valor segurado e prêmio arrecadado, a Fairfax registrou R\$71.558.001 e R\$1.161.676, enquanto o Itaú apresentou R\$29.999.997 e R\$1.756.730, respectivamente. Quanto à subvenção, a Fairfax registrou R\$263.774 e o Itaú, R\$255.406. No Quadro 1, é apresentado um resumo dos produtos oferecidos por cada seguradora operante no mercado nos últimos anos e ligadas ao PSR.

Seguradora	Espécies de árvores	Cobertura Básica	Coberturas Adicionais	Indenização	Limite Máximo de Indenização
Mapfre	Acácia, araucária, cedro-australiano, eucalipto, mogno, pínus, seringueira e teca	Incêndio e Raio	Fenômenos meteorológicos, queda de aeronave, ventos fortes, madeira cortada, despesas de combate aos incêndios e desentulho	Indenização = Prejuízo Apurado (PA) – Participação Obrigatória do Segurado (POS)	São consideradas as despesas de custeio, excluídas as despesas de infraestruturas.
Allianz	Florestas comerciais	Incêndio e Raio	Chuva excessiva, ventos fortes, granizo, geada, seca, inundação	Indenização = (percentual de perdas x despesas de custeio x área segurada) – participação nos prejuízos	Multiplicação do valor das despesas de custeio por hectare (implantação e manutenção), excluídas despesas de infraestrutura
Fairfax	Florestas comerciais e florestas nativas	Raio, explosão e queda de aeronave	Estabelecidas com base nas condições gerais da apólice	Indenização = (Percentual de perdas x valor em risco por hectare) – franquia dedutível	Determinado de acordo com o risco

Quadro 1. Informações gerais sobre os seguros ofertados por seguradoras ligadas ao PSR.

Fonte: Elaboração própria com base nos manuais das seguradoras.

2.3.2. Características do contrato de seguro florestal

O principal objetivo do contrato de seguro florestal é garantir o pagamento de uma indenização ao beneficiário em caso de ocorrência de riscos previsíveis e cobertos pelo seguro, enquanto a floresta não se encontre cortada (Mapfre, 2023). Para além da cobertura básica que é obrigatória, o segurado tem a responsabilidade de selecionar as coberturas desejadas para contratação e determinar o Limite Máximo de Indenização (LMI), sujeito às restrições estabelecidas pela seguradora. Esse limite representa o valor máximo a ser pago pela seguradora em decorrência de um evento específico durante a vigência do contrato e assume importância na definição do valor do prêmio a ser pago (Mapfre, 2023).

Em geral, esse tipo de seguro é um produto de custeio que abrange tanto as florestas comerciais, como pinus, eucalipto, teca e seringueira, quanto as florestas nativas que possuam ou não manejo florestal e exploração sustentável, como áreas de reserva legal e preservação permanente. Os riscos básicos cobertos pelas apólices são os de incêndio e raio, enquanto os riscos adicionais compreendem fenômenos meteorológicos (chuva excessiva, ventos fortes, granizo, geada, seca e inundações) e quedas de aeronaves. Além disso, são excluídos os riscos

relacionados a atos dolosos ou aqueles não especificados nas condições gerais do contrato. (Mapfre, 2023). Os riscos⁵ cobertos e excluídos do seguro florestal estão apresentados no Quadro 2.

Riscos Cobertos	Riscos Excluídos
Incêndio	Atos ilícitos dolosos
Raio	Atos de autoridades públicas
Chuva Excessiva	Atos de hostilidade ou de guerra
Granizo	Extorsão ou apropriação indébita
Geadas	Roubo
Seca	Cataclismo da natureza
Inundação	Doenças de origem desconhecida
Quedas de aeronave	Garantia de entrega de madeira
Ventos fortes	Multas aplicadas por órgãos governamentais
Madeira cortada	Experimentos ou ensaios de qualquer natureza
Despesas de combate a incêndios	Contaminações por radioatividade
Desentulho	Riscos comerciais como variações de preços
Explosão	Ocorrência de eventos não especificados no contrato

Quadro 2. Riscos cobertos e excluídos do seguro florestal.

Fonte: Elaboração própria com base nos manuais das seguradoras.

O valor do prêmio e o LMI podem variar de acordo com a cultura em questão, levando em consideração critérios estabelecidos durante a elaboração da apólice, como tamanho da área (ha), finalidade, região, idade da cultura, frequência de limpeza e manutenção. Por sua vez, o pagamento do prêmio pode ser integral ou custeado por meio do seu fracionamento. Nos casos em que o valor total é fracionado, a falta de pagamento das parcelas implicará em um ajuste no prazo de vigência da respectiva cobertura com base na proporção entre o prêmio efetivamente pago e o prêmio devido, conforme indicado na Tabela 4.

⁵ No anexo B estão registradas as quantidades de apólices do seguro florestal acionadas, classificadas por tipo de evento ocorrido.

Tabela 4. Ajuste do prazo de vigência nos casos de falta de pagamento de parcelas.

Relação % entre a parcela de prêmio paga e o prêmio total da apólice	% a ser aplicado sobre a vigência original	Relação % entre a parcela de prêmio paga e o prêmio total da apólice	% a ser aplicado sobre a vigência original
13	15/365	73	195/365
20	30/365	75	210/365
27	45/365	78	225/365
30	60/365	80	240/365
37	75/365	83	255/365
40	90/365	85	270/365
46	105/365	88	285/365
50	120/365	90	300/365
56	135/365	93	315/365
60	150/365	95	330/365
66	165/365	98	345/365
70	180/365	100	365/365

Fonte: Elaboração própria com base nos manuais das seguradoras.

Em caso de ocorrência de sinistros, a seguradora será responsável por indenizar os prejuízos apurados, desde que esses prejuízos ultrapassem o valor mínimo da Participação Obrigatória do Segurado (POS) ou a franquia estabelecida no contrato. No caso de perda total, onde o prejuízo é maior do que o Limite Máximo de Indenização (LMI), é acordado e entendido que o valor da franquia não deve ser aplicado. O cálculo do Prejuízo Apurado (PA) pode ser expresso como:

$$PA = (\%P \times VRh \times AS) - FD \quad (1)$$

sendo:

PA = Prejuízo Apurado para esta cobertura (limitado ao Limite Máximo de Indenização (LMI) desta cobertura para a Unidade Segurada Sinistrada), em R\$;

%P = Percentual de perdas;

VRh = Valor em risco por hectare

AS = Área Segurada

FD = Franquia dedutível (somente considerada quando $PA < LMI$)

Dessa forma, o cálculo do valor da indenização pode ser expresso pela equação:

$$\text{Indenização} = PA - POS \quad (2)$$

sendo:

PA = Prejuízo Apurado para esta cobertura (limitado ao Limite Máximo de Indenização (LMI) desta cobertura para a Unidade Segurada Sinistrada), em R\$.

POS = Participação Obrigatória do Segurado (somente considerada quando PA < LMI).

No processo de apuração dos prejuízos, as seguradoras podem utilizar diferentes métodos de avaliação, incluindo a realização de inspeções físicas e identificação dos remanescentes florestais, a análise de laudos de regulação de sinistro, a revisão de registros contábeis e eventuais controles adicionais mantidos pelo segurado. Além disso, as seguradoras podem se valer de outros meios de provas disponíveis, desde que sejam considerados confiáveis e estejam em conformidade com a legislação aplicável (Mapfre, 2023). Ademais, é importante destacar que algumas especificações e abrangências da cobertura de sinistros podem variar entre as seguradoras que oferecem o serviço.

2.4. Revisão sistemática

As seções subsequentes têm como objetivo fornecer uma síntese do conhecimento econômico existente sobre o seguro florestal na literatura econômica. Inicialmente, serão expostos sucintamente os modelos teóricos e atuariais mais empregados recentemente na análise do seguro florestal, destacando os respectivos autores e as contribuições encontradas em cada estudo. Em seguida, serão apresentadas as análises empíricas e os modelos econométricos mais utilizados. Essa abordagem visa promover uma compreensão do campo de estudo e identificar oportunidades a serem exploradas por futuras pesquisas. Algumas informações sobre os artigos selecionados podem ser visualizadas no Quadro 3.

Revista	Identificação da revista (ISSN)⁶	Nº de artigos selecionados por revista
	1573-7187, 1573-1480, 0264-8377, 1573-1596, 2071-1050, 1104-6899, 1054-9811, 1999-4907, 0100-6762, 2318-7670, 1297-966X, 0307-4358, 1018-5895, 0048-0134, 1573-1502, 1540-6296, 1755-1315, 0921-8009, 2985-5683, 1674-2974, 1756-2538.	1
	0959-6526.	2
	1872-7050.	8
Período	Ano de publicação (2004-2023)	Nº de artigos selecionados por ano
	2004, 2005, 2008, 2009, 2010, 2011 e 2012.	0
	2006, 2007, 2014, 2022 e 2023.	1
	2017 e 2019.	2
	2015, 2016 e 2021.	3
	2013 e 2020.	4
	2018.	5
Região Geográfica	País	Nº de artigos selecionados por país
	Dinamarca, Eslováquia, Espanha, Gana, Itália, Portugal, Rússia.	1
	Brasil, Estados Unidos, Suíça.	2
	Alemanha.	3
	França.	4
	China.	11

Quadro 3. Informações gerais sobre os artigos selecionados.

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

2.4.1. Modelos teóricos e atuariais

Dos trinta e um artigos selecionados, dezoito deles utilizaram modelos teóricos/atuariais como estratégia de análise (Holecy; Hanewinkel, 2006; Cottle, 2007; Brunette; Couture, 2008; Brunette *et al.*, 2013; Pinheiro; Ribeiro, 2013; Barreal; Loureiro; Picos, 2014; Brunette *et al.*, 2015; Ma *et al.*, 2015; Qin *et al.* 2016; Brunette; Couture; Pannequin, 2017; Pereira *et al.*, 2018, Sacchelli; Cipollaro; Fabbrizzi, 2018; Song; Peng, 2019; Feng; Dai, 2019; Loisel; Brunette; Couture, 2020; Brunette; Hanewinkel; Yousefpour, 2020; Bulgakova, 2022; Brunette; Couture, 2023). Esses estudos abordaram principalmente o impacto da assistência pública na demanda por seguro, a incorporação de decisões de seguro em modelos clássicos e a modelagem do comportamento dos agentes do mercado.

⁶ No anexo C estão listados os nomes das revistas que foram identificadas pelo ISSN no Quadro 3.

Em um estudo inicial, Holecy e Hanewinkel (2006) propuseram um modelo de seguro florestal para estimar os prêmios de risco, utilizando a distribuição de probabilidade de Weibull $W(c; \gamma)$. A implementação desse modelo depende do acordo mútuo entre os proprietários florestais e as seguradoras em relação ao prêmio apropriado, o qual pode ser influenciado pela aversão às perdas dos agentes envolvidos. De acordo com os resultados do estudo, um único proprietário florestal com uma área limitada de floresta pode não ser capaz de pagar um prêmio de seguro razoável, a menos que uma área florestal substancial esteja segurada. Os autores concluem ainda que a disposição dos proprietários florestais para segurar suas florestas é limitada devido aos subsídios estatais oferecidos como compensação por danos.

Brunette e Couture (2008) desenvolveram um modelo teórico para explorar a demanda por apólices de seguro florestal, enfatizando a interação entre a aquisição da apólice e os programas de compensação pública. Os resultados também mostraram que a existência de programas públicos de compensação “após desastres” desencoraja os proprietários privados de florestas a adquirirem seguros ou investir em medidas de manejo florestal para proteger suas florestas de desastres naturais. No entanto, ajustar os programas de assistência financeira para prever os riscos de desastres, por meio de medidas como subvenção ao prêmio do seguro ou investimentos em atividades de manejo florestal, tornam essas práticas mais atraentes para os proprietários florestais.

O seguro florestal também desempenha um papel crucial na sustentação da produção florestal, como evidenciado por Barreal, Loureiro e Picos (2014). Ao analisar as implicações das apólices de seguro florestal como medidas de restauração do manejo florestal diante de perdas causadas por eventos adversos, os pesquisadores desenvolveram um modelo de seguro privado que considera a cobertura, as variáveis produtivas e o risco de incêndios. Os resultados da pesquisa indicaram que a cobertura do seguro é essencial, pois os proprietários podem enfrentar dificuldades em cobrir custos adicionais após perdas. Além disso, as ações de restauração viabilizadas pelo seguro florestal impactam positivamente a sociedade, promovendo os serviços ecossistêmicos e garantindo estabilidade na produção e nos preços da madeira.

Ma *et al.* (2015) propuseram um modelo dinâmico baseado na teoria dos jogos para analisar as interações entre os participantes do mercado de seguros florestais, incluindo o governo, as seguradoras e os produtores florestais. Mais formalmente, o modelo de jogo estático entre a seguradora e o agricultor florestal assumiu as seguintes hipóteses:

- Financiamento inicial do produtor florestal: W ;

- Probabilidade de risco florestal: a ;
- Perda do produtor florestal quando ocorrem desastres: L ;
- Indenização ao produtor florestal quando ocorrem desastres: I ;
- Prêmio do seguro florestal: p ;
- Custo comercial da seguradora para implementar o seguro florestal K ;
- Retorno esperado pelo agricultor florestal: U ;
- Retorno esperado pela seguradora: V ;

Onde o retorno esperado pelo agricultor florestal ao adquirir o seguro florestal é:

$$U^0 = a(W - p - L + I) + (1 - a)(W - p) \quad (3)$$

O retorno esperado pelo agricultor ao optar por não adquirir o seguro florestal é:

$$U^1 = a(W - L) + (1 - a)W \quad (4)$$

O retorno esperado pela seguradora no mercado de seguros florestais é:

$$V = a(p - 1) + (1 - a)p - K \quad (5)$$

Os resultados desta pesquisa revelaram que as estratégias ótimas das seguradoras e do produtor florestal são conflitantes: o produtor florestal decide adquirir um seguro somente quando a probabilidade de risco florestal (a) excede a taxa de prêmio do seguro (p), enquanto que a seguradora só oferece uma cotação quando a taxa de prêmio do seguro (p) supera a probabilidade de risco florestal (a). Dessa forma, o subsídio do governo será um fator positivo para expandir o mercado de seguros florestais, visto que a seguradora pode cobrar um prêmio mais justo e condizente com o risco, enquanto o produtor pode adquirir o seguro por um preço mais acessível, ou ainda, a seguradora pode ter suas perdas compensadas pela verba pública devido a baixos prêmios.

O modelo proposto por Brunette *et al.* (2015) buscou oferecer um seguro atuarial abrangendo múltiplos riscos naturais em áreas florestais. O estudo abordou especificamente a interconexão de três tipos de riscos: vento, incêndio e surto de insetos. Duas abordagens foram consideradas para modelar a ocorrência desses perigos, assumindo que podem ser mutuamente dependentes ou independentes de forma aleatória. Os resultados indicaram que a solução mais eficiente para minimizar os prêmios brutos de seguro ocorre quando os riscos naturais são considerados mutuamente independentes. Além disso, os autores também

constatarem que o tamanho da área segurada tem um impacto direto nos prêmios de risco, com áreas maiores resultando em prêmios mais baixos.

Qin *et al.* (2016) abordaram o problema da seguinte maneira: em uma configuração inicial de produção florestal que não considera a presença de seguro, onde o valor das árvores cultivadas por um agricultor é representado por w_0 , o custo de produção é uma constante c e o risco de perda de produção é uma variável aleatória x tal que $(0 \leq x \leq w_0)$ e cuja probabilidade de ocorrência é denotada por $p(x)$. Na medida que a probabilidade de ocorrência de perda $p(x)$ aumenta, o lucro esperado $\Delta E(R)$ do agricultor diminui. Consequentemente, quando o lucro esperado é igual ou inferior a zero, o agricultor prefere não se envolver na produção florestal.

Supondo que o agricultor adquira um seguro florestal com uma taxa de prêmio h , uma taxa de subsídio s tal que $(0 \leq s \leq 1)$ e com nível de cobertura β tal que $(0 \leq \beta \leq 1)$. Quando o valor total das árvores cultivadas por um agricultor for maior ou igual que o limite de cobertura $w_0\beta$, o agricultor não receberá qualquer compensação da seguradora. No entanto, quando o valor total das árvores cultivadas for menor que $w_0\beta$, o agricultor será indenizado. Os autores concluem que o aumento no valor esperado do lucro, $\Delta E(R)$, está positivamente correlacionado com o nível de cobertura β , o índice de subsídios s , o valor da perda x e a probabilidade de perda $p(x)$.

A partir dessa representação, três conclusões podem ser extraídas: primeiramente, quando o nível de cobertura é baixo, o agricultor não receberá compensação por perdas, mesmo se estiver participando do seguro florestal. Além disso, o agricultor não apresenta um forte incentivo para participar do seguro. Em segundo lugar, quanto maior o nível de cobertura e a taxa de subsídio do prêmio, maior será o aumento no lucro esperado decorrente da participação do agricultor no seguro, o que resulta em uma maior disposição por parte do agricultor em aderir a apólice. Em terceiro lugar, quanto maior o risco de perda, maior será o benefício obtido pelo agricultor ao participar do seguro (Qin *et al.*, 2016).

Com base em um modelo teórico de incerteza, a pesquisa realizada por Brunette, Couture e Pannequin (2017) demonstrou que o seguro florestal pode ser uma ferramenta eficaz para fortalecer a adaptação das práticas de manejo florestal diante das mudanças climáticas. Os autores enfatizam que, em situações nas quais as mudanças climáticas geram incerteza em relação à probabilidade de ocorrência de eventos naturais, é essencial incorporar esforços de adaptação aos contratos de seguro florestal, com o objetivo de estimular os proprietários florestais a implementarem medidas adaptativas. Por sua vez, Brunette, Hanewinkel e Yousefpour (2020), utilizando uma metodologia original baseada na escolha

das loterias, concluíram que a aversão ao risco tem impacto negativo na decisão de adaptação, enquanto a aversão à incerteza não tem efeitos.

No estudo conduzido por Feng e Dai (2019), foi analisado o problema do design do seguro florestal através de um modelo de jogo envolvendo o governo, a seguradora e os silvicultores. Formalmente, para uma determinada floresta k no ano t , um cenário $s(t)$ foi usado para descrever a probabilidade anual de desastres. Todos os cenários possíveis no ano t foram denotados como um conjunto $S(t)$ de eventos. Na medida que o intervalo da probabilidade de desastre anual $[P_{k,t}, \bar{P}_{k,t}]$ é contínuo, onde $0 \leq P_{k,t} \leq \bar{P}_{k,t} \leq 1$, os cenários possíveis para o prêmio adequado $\pi_{k,t}$ são infinitos. Dessa forma, o objetivo dos autores foi encontrar uma taxa de prêmio de seguro florestal que minimizasse o desvio máximo do prêmio em relação ao resultado ideal em diferentes situações de desastres.

Loisel, Brunette e Couture (2020) analisaram as preferências de risco dos proprietários de florestas ao incorporar o seguro em uma estrutura de rotação ótima, utilizando o modelo de Faustmann. O objetivo foi investigar os impactos da adoção do seguro nas práticas de manejo florestal. A Figura 2 apresenta de forma resumida o circuito estrutural do seguro florestal de acordo com o trabalho.

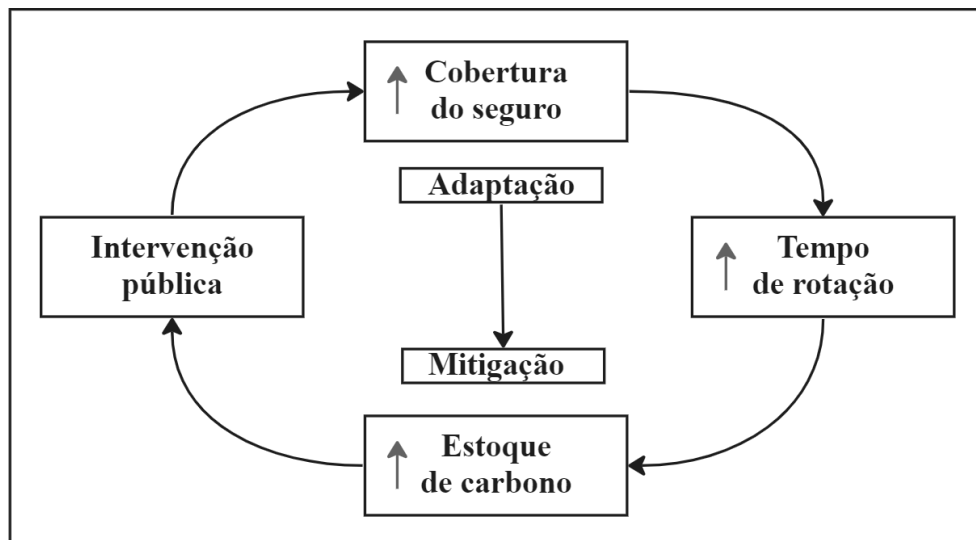


Figura 2. O circuito do seguro florestal.

Fonte: Adaptado de Loisel, Brunette e Couture (2020).

Os autores mostraram que a introdução do seguro resulta inicialmente em um aumento no período de rotação da floresta. Esse aumento está relacionado a práticas de manejo mais arriscadas, uma vez que um maior volume de madeira implica em potenciais perdas financeiras mais significativas. Adicionalmente, o crescimento prolongado das árvores

aumenta sua vulnerabilidade a danos causados por tempestades. No entanto, os autores argumentam que, em um contexto de mudanças climáticas, o aumento no período de rotação também aumenta o armazenamento de carbono, justificando a intervenção pública no incentivo ao seguro de florestas.

2.4.2. Análises empíricas

A maioria dos estudos que adotaram abordagens empíricas para investigar o seguro florestal direcionaram seus esforços para examinar a demanda por esse tipo de seguro. Entre os métodos utilizados, a abordagem da disposição a pagar (DAP) foi amplamente empregada, como observado nos estudos de Li, Lin e Xiang-zhi (2013); Sauter *et al.* (2013); Brunette *et al.* (2020); Deng, Munn e Yao (2021), e Unterberger e Olschewski (2021). Além disso, a literatura também fez uso de outros métodos, como os modelos logit, tobit, efeito fixo, eficiência, valor presente líquido (VPL) e pesquisa domiciliar.

A principal característica do método da disposição a pagar (DAP) é determinar o valor do prêmio que os agricultores estão dispostos a pagar ao tomar a decisão de adquirir um seguro florestal, além de identificar quais variáveis influenciam essa decisão. Essa medida tem implicações diferentes para cada um dos três agentes envolvidos nesse contexto: para o agricultor, o DAP influencia diretamente o seu comportamento de compra, ou seja, o quanto ele está disposto a investir no seguro; para a seguradora, o DAP é um indicativo do preço potencial de venda dos produtos de seguro; e para o governo, o DAP serve como base para a política de subsídios do seguro florestal (Qin *et al.*, 2016).

Nesse contexto, o estudo de Li, Lin e Xiang-zhi (2013) utilizou o método de avaliação contingente para analisar a DAP dos agricultores das regiões de Hunan, Fujian e Jiangxi, na China, por uma apólice de seguro florestal. Os resultados mostraram que fatores como o tamanho da família, características do solo e a área florestal influenciam a atenção dada à apólice e, conseqüentemente, a disposição a pagar dos agricultores. Além disso, constatou-se que os homens apresentaram uma disposição a pagar maior do que as mulheres para essa modalidade de seguro. Por sua vez, Sauter *et al.* (2016) concluíram que a disposição a pagar dos proprietários florestais alemães é maior para o seguro contra incêndios do que para tempestades.

Dois estudos recentes empregaram modelos de efeitos fixos para examinar questões relacionadas ao seguro florestal. No primeiro estudo, realizado por Liu *et al.* (2017), foram analisados os efeitos da reforma da posse coletiva de terras florestais na China e as medidas

governamentais correspondentes. Já no segundo estudo, Deng, Munn e Yao (2021) abordaram políticas florestais e seus impactos na renda e investimentos de agricultores pobres e não pobres na província de Liaoning na China. O seguro florestal foi identificado como um fator significativo na renda florestal de todos os agricultores, melhorando a elasticidade de produção dos fatores de capital e trabalho, especialmente para os agricultores pobres (Deng; Munn; Yao, 2021).

O estudo de Dai, Chang e Liu (2015) consistiu em uma pesquisa domiciliar envolvendo 950 produtores florestais na província de Fujian, China. O objetivo principal foi investigar a eficácia do programa de seguro contra desastres florestais nessa região específica. Foram coletadas informações sobre as características sociodemográficas dos produtores, suas práticas de produção e outros fatores relevantes relacionados à participação no programa de seguro. Os resultados obtidos revelaram que a educação dos produtores, sua participação em organizações de produtores locais e a incidência de incêndios florestais nos municípios locais foram fatores determinantes e significativos para a adesão dos produtores ao seguro contra desastres florestais.

Qin *et al.* (2016) investigaram a falta de demanda efetiva dos agricultores por seguros florestais na China. A análise empírica foi realizada por meio da utilização de um modelo Logit, com base em dados de pesquisa de campo coletados no condado de Lin'an, localizado na província de Zhejiang. Os resultados do estudo mostraram que a demanda dos agricultores por seguro florestal é influenciada por uma série de fatores. Esses fatores incluem o grau de compreensão dos agricultores sobre o seguro florestal, a proporção das receitas provenientes das florestas em relação à renda familiar total, o tamanho da floresta, a frequência de desastres florestais, a responsabilidade atribuída ao seguro florestal, a configuração do valor do seguro e a satisfação dos agricultores em relação à política de subsídio ao prêmio.

Outro método alternativo utilizado na literatura é o modelo Tobit. O estudo realizado por Mensah *et al.* (2021) teve como objetivo analisar a preferência por seguro entre uma amostra de 170 produtores de árvores na região de Ashanti, em Gana. Adicionalmente, também foram aplicados modelos de regressão multinomial e o teste Tau de Kendall. Os resultados dos modelos revelaram que variáveis como idade, renda, experiência em manejo florestal, propriedade da terra e ocorrência anterior de incêndio influenciam o valor do seguro. Quanto à escolha dos tipos de seguro, a ocorrência anterior de incêndio, gênero, tamanho da floresta, renda e aversão ao risco mostraram-se significativamente relevantes.

A eficiência da produção florestal na China foi analisada no estudo de Lu *et al.* (2018). Para isso, foram coletados dados de amostragem de 703 lotes florestais localizados em 30 aldeias da província de Liaoning. Os resultados obtidos indicaram que o aumento da mão de obra, serviços mecânicos, transferências de terras e a estabilidade dos direitos de propriedade florestal desempenham um papel importante na melhoria da eficiência produtiva. Os autores concluem ainda que o seguro florestal exerce um impacto positivo na eficiência da produção. No entanto, a proporção de famílias que adquirem esse tipo de seguro ainda é baixa e precisa ser explorada.

Por fim, o estudo de Pereira *et al.* (2018) considerou o impacto do custo do seguro florestal para avaliar o risco das plantações de eucalipto no estado de Minas Gerais, no Brasil. O custo foi obtido por meio de simulações em uma ferramenta de cotação de uma seguradora. Para a avaliação econômica, foram utilizados o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Benefício Periódico Equivalente (BPE). Os resultados mostraram que o custo do seguro florestal aumenta a probabilidade de valores negativos para o VPL. No entanto, a presença de subsídios governamentais demonstrou-se eficaz ao reduzir a probabilidade de risco de investimento, uma vez que essa medida contribui para a diminuição do custo do seguro florestal.

2.5. Discussão

Foram analisados 31 trabalhos que abordaram o tema do seguro florestal. Com base nessa análise, verificou-se que a comunidade de pesquisadores que trabalham com esse tema é pequena e que o número de publicações é limitado diante de um problema complexo e importante. Conforme destacado por Brunette *et al.* (2023), é notável a ausência de dados viáveis para compreender tanto o comportamento passado quanto o futuro em relação às questões de seguro florestal. Portanto, a realização de análises empíricas e econométricas, bem como a identificação dos principais fatores que explicam as decisões associadas ao tema, torna-se desafiadora.

O seguro florestal oferece diversas vantagens, com destaque para o seu papel fundamental na sustentação da produção das florestas, auxiliando os produtores a enfrentarem dificuldades financeiras decorrentes de perdas causadas por eventos adversos e fortalecendo a adaptação das práticas de manejo florestal diante de mudanças climáticas (Brunette; Couture; Pannequin, 2017). Adicionalmente, as medidas de restauração viabilizadas pelo seguro florestal têm impacto positivo na sociedade, promovendo serviços ecossistêmicos e

garantindo a estabilidade na produção e nos preços dos produtos derivados da madeira (Brunette; Couture, 2008).

Por outro lado, esse instrumento também enfrenta desafios significativos, como prêmios elevados, falta de informações adequadas e pouco incentivo do governo. Além disso, a existência de programas públicos de compensação “após desastres naturais” desencoraja os proprietários privados de florestas a adquirirem seguros (Brunette; Couture, 2008). Assim, é necessário realizar ajustes nos programas de assistência pública existentes, com o objetivo de expandir o mercado, permitindo que as seguradoras estabeleçam prêmios mais justos e proporcionais ao risco, tornando o instrumento mais acessível aos produtores.

Com base nos poucos estudos empíricos encontrados na literatura, constatou-se que os principais determinantes da demanda por seguros florestais estão relacionados às características socioeconômicas dos proprietários florestais, tais como idade, nível de renda e nível educacional, assim como às características da própria floresta. Além disso, os principais riscos associados aos estudos de seguro florestal são incêndio, vento, seca e surtos de insetos. Essa observação é relevante, pois o seguro paramétrico, que tem custo de prêmio menor quando comparado aos seguros tradicionais, se apresenta como uma alternativa para mitigar os riscos decorrentes das mudanças climáticas (Miquelluti; Ozaki; Miquelluti, 2022). Todavia, não foram encontrados estudos que explorem essa temática no contexto das florestas.

Notou-se ainda a ausência de estudos que abordaram o risco moral e a seleção adversa no contexto do seguro florestal. Esses fatores contribuem com o surgimento de obstáculos que impedem o desenvolvimento do mercado, como prêmios mais elevados e a falta de informações adequadas. No contexto das políticas públicas, observou-se a importância dos subsídios governamentais como uma estratégia para tornar o prêmio do seguro mais atrativo (Pereira *et al.*, 2018; Ma *et al.*, 2015; Qin *et al.*, 2016). Além disso, o uso do seguro florestal pode fortalecer a adaptação do manejo florestal às mudanças climáticas, beneficiando a sociedade em geral.

No contexto brasileiro, destacam-se cinco áreas oportunas para pesquisas futuras: i) investigar as razões subjacentes à baixa adesão dos silvicultores ao seguro florestal; ii) examinar o impacto do seguro florestal no faturamento dos produtores que optam por essa modalidade; iii) compreender os motivos por trás da concentração da oferta de seguro florestal em um número reduzido de seguradoras; iv) estudar a viabilidade de seguros paramétricos para mitigar os riscos florestais; v) propor metodologias espaciais para entender

a distribuição das apólices e sinistros do seguro florestal a fim de discutir os riscos sistêmicos na silvicultura e suas implicações para a segurabilidade.

2.6. Considerações Finais

Desde a sua implementação em 1978, o seguro florestal no Brasil passou por várias modificações importantes, tanto em sua estrutura básica quanto em seu papel como instrumento de política para gestão de riscos. A partir de 2005, com o estabelecimento do Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural, esse instrumento recebeu maior visibilidade, permitindo aos produtores florestais uma proteção mais adequada e acessível para suas atividades. Entretanto, observou-se uma baixa adesão ao seguro florestal no contexto atual, o que implica na existência de um potencial de expansão ainda pouco explorado no país, uma vez que a literatura nacional sobre o tema é escassa.

Nesse sentido, o objetivo desse estudo consistiu em realizar uma análise abrangente e descritiva do mercado de seguros florestais no Brasil, a fim de avaliar sua situação atual. Além disso, foi conduzida uma revisão sistemática dos principais e mais recentes métodos teóricos e empíricos utilizados para avaliar esse instrumento. Para isso, informações e dados relacionados ao mercado de seguros florestais foram coletados de fontes governamentais, e uma pesquisa bibliográfica foi realizada através de uma busca eletrônica em bases de dados nacionais e internacionais, utilizando palavras-chave específicas relacionadas ao tema do seguro florestal.

No que se refere ao cenário atual do mercado de seguros florestais no Brasil, observou-se que a participação desse instrumento no Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural ainda é limitada. Notou-se uma baixa adesão ao seguro florestal, principalmente nas regiões norte e nordeste, em comparação com as demais regiões do país. Além disso, verificou-se uma proporção muito baixa entre as áreas de plantios florestais e as áreas efetivamente seguradas. No PSR, o setor de seguros florestais contou com a atuação de cinco empresas: Mapfre, Allianz, Swiss Re, Fairfax e Itaú.

A partir da revisão de literatura, constatou-se que a maioria dos estudos existentes sobre seguro florestal concentram-se no campo teórico, o que reflete a escassez de dados disponíveis sobre o assunto. No conjunto dos modelos teóricos e atuariais abordados, destacaram-se as análises do impacto da assistência pública na demanda por seguro, a incorporação de decisões de seguro em modelos clássicos e a modelagem do comportamento dos agentes de mercado. No âmbito dos estudos empíricos, observou-se que o método da

disposição a pagar foi o mais utilizado, além do uso de outras abordagens, como os modelos logit, tobit, efeito fixo, eficiência, valor presente líquido (VPL) e pesquisa domiciliar.

Uma limitação deste estudo é a exclusão de citações de artigos em idiomas além do português, inglês e espanhol, uma vez que foi observada uma concentração significativa de pesquisas realizadas na China, onde o idioma oficial é o Mandarim. Para futuras investigações, recomenda-se a aplicação das metodologias mencionadas neste artigo, adaptando-as aos dados e ao contexto brasileiro, a fim de obter uma compreensão mais aprofundada e abrangente. Uma alternativa adicional consiste na elaboração de modelos de precificação do seguro em questão, visto que não foram observados estudos que abordam esse tópico no Brasil, apesar de sua ampla aplicação em outros segmentos do seguro rural.

Referências

- ALLIANZ. Seguro Agrícola. Disponível em: <https://www.allianz.com.br/seguros/veja-outros-seguros/agronegocio/agricola.html>. Acesso em: 9 jun. 2023.
- ARROW, K. J. The Economics of Moral Hazard: Further Comment. **The American economic review**, v. 58, n. 3, p. 537-539, 1968.
- BARREAL, J.; LOUREIRO, M. L.; PICOS, J. On insurance as a tool for securing forest restoration after wildfires. **Forest Policy and Economics**, v. 42, p. 15-23, 1 maio 2014.
- BRASIL. Leis, decretos, portarias etc. Decreto-Lei n° 73, de 21 de novembro de 1966. Disponível em: < <http://www.susep.gov.br/textos/Decreto-Lei73-66-jul07.pdf>> Acesso em: 02 ago. 2023.
- BRASIL. Leis, decretos, portarias etc. Circular SUSEP n° 14, de 23 de fevereiro de 1978. Disponível em: < <https://www2.susep.gov.br/safe/bnportal/internet/pt-BR/>> Acesso em: 02 ago. 2023.
- BRASIL. Leis, decretos, portarias etc. Circular SUSEP n° 42, de 12 de junho de 1979. Disponível em: < <https://www2.susep.gov.br/safe/bnportal/internet/pt-BR/>> Acesso em: 02 ago. 2023.

BRASIL. Leis, decretos, portarias etc. Circular SUSEP n° 09, de 08 de fevereiro de 1980. Disponível em: < <https://www2.susep.gov.br/safe/bnportal/internet/pt-BR/>> Acesso em: 02 ago. 2023.

BRASIL. Leis, decretos, portarias etc. Circular SUSEP n° 51, de 06 de dezembro de 1982. Disponível em: < <https://www2.susep.gov.br/safe/bnportal/internet/pt-BR/>> Acesso em: 02 ago. 2023.

BRASIL. Leis, decretos, portarias etc. Lei n° 8.171, de 17 de janeiro de 1991. Disponível em: < https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18171.htm > Acesso em: 02 ago. 2023.

BRASIL. Leis, decretos, portarias etc. Lei n° 10.823, de 19 de dezembro de 2003. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/110.823.htm> Acesso em: 02 ago. 2023.

BRASIL. Leis, decretos, portarias etc. Circular SUSEP n° 268, de 30 de setembro de 2004. Disponível em: < <https://www2.susep.gov.br/safe/bnportal/internet/pt-BR/>> Acesso em: 02 ago. 2023.

BRASIL. Leis, decretos, portarias etc. Decreto n° 5.514, de 18 de agosto de 2005. Disponível em:<<https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=DEC&numero=5514&ano=2005&at o=3f0oXSq5UMRpWT3f3>> Acesso em: 02 ago. 2023.

BRASIL. Leis, decretos, portarias etc. Circular SUSEP n° 518, de 20 de agosto de 2015. Disponível em: < <https://www2.susep.gov.br/safe/bnportal/internet/pt-BR/>> Acesso em: 02 ago. 2023.

BRASIL. Leis, decretos, portarias etc. Circular SUSEP n° 604, de 22 de maio de 2020. Disponível em: < <https://www2.susep.gov.br/safe/bnportal/internet/pt-BR/>> Acesso em: 02 ago. 2023.

BRUNETTE, M.; COUTURE, S. Forest Insurance for Natural Events: An Overview by Economists. **Forests**, v. 14, n. 2, p. 289, 2023.

BRUNETTE, M.; COUTURE, S.; PANNEQUIN, F. Is forest insurance a relevant vector to induce adaptation efforts to climate change? **Annals of Forest Science**, v. 74, n. 2, p. 1-8, jun. 2017.

- BRUNETTE, M.; COUTURE, S. Public compensation for windstorm damage reduces incentives for risk management investments. **Forest Policy and Economics**, v. 10, n. 7, p. 491-499, 1 out. 2008.
- BRUNETTE, M.; HOLECY, J.; SEDLIAK, M.; TUCEK, J.; HANEWINKEL, M. An actuarial model of forest insurance against multiple natural hazards in fir (*Abies Alba Mill.*) stands in Slovakia. **Forest policy and economics**, v. 55, p. 46-57, 1 jun. 2015.
- BRUNETTE, M.; COUTURE, S.; FONCEL, J.; GARCIA, S. The decision to insure against forest fire risk: an econometric analysis combining hypothetical real data. **The Geneva Papers on Risk and Insurance - Issues and Practice**, v. 45, n.1, p. 111-133, 1 jan. 2020.
- BRUNETTE, M.; CABANTOUS, L.; COUTURE, S.; STENGER, A. The impact of governmental assistance on insurance demand under ambiguity: a theoretical model and an experimental test. **Theory and decision**, v. 75, p. 153-174, 2013.
- BRUNETTE, M.; HANEWINKEL, M.; YOUSEFPOUR, R. Risk aversion hinders forestry professionals to adapt to climate change. **Climatic Change**, v. 162, n. 4, p. 2157-2180, 1 out. 2020.
- BULGAKOVA, M. A. Ensuring environmental safety on the example of forest fire prevention and elimination of their consequences. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. v. 1112, n.1, p.012149, dez, 2022.
- CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. Metodologia científica. 5aed. 2002.
- CORDEIRO, A. M.; OLIVEIRA, G.M.D.; RENTERIA, J.M.; GUIMARÃES, C.A. Revisão sistemática: uma revisão narrativa. **Revista do colégio brasileiro de cirurgiões**, v. 34, p. 428-431, dez. 2007.
- COTTLE, P. Insuring Southeast Asian commercial forests: Fire risk analysis and the potential for use of data in risk pricing and reduction of forest fire risk. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 12, n.1, p. 181-201, 1 jan. 2007.
- DAI, Y.; CHANG, H.-H.; LIU, W. Do forest producers benefit from the forest disaster insurance program? Empirical evidence in Fujian Province of China. **Forest Policy and Economics**, v. 50, p. 127-133, 1 jan. 2015.

- DENG, Y.; MUNN, I. A.; YAO, H. Attributes-based conjoint analysis of landowner preferences for standing timber insurance. **Risk Management and Insurance Review**, v. 24, n. 4, p. 421-444, 2021.
- FAIRFAX BRASIL. Produtos de Seguro Rural – Floresta. Disponível em <https://www.fairfax.com.br/#/>. Acesso em: 13 mai. 2023.
- FENG, X.; DAI, Y. An innovative type of forest insurance in China based on the robust approach. **Forest Policy and Economics**, v. 104, p. 23-32, 2019.
- FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa – 3.ed.** Artmed Editora. **Porto Alegre**, p. 207, 2009.
- GALVÃO, M. C. B.; RICARTE, I. L. M. Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. **Logeion: Filosofia da informação**, v. 6, n. 1, p. 57-73, 15 set. 2019.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. Vol. 4. São Paulo: Atlas, 2002.
- HANEWINKEL, M.; HUMEEL, S.; ALBRECHT, A. Assessing natural hazards in forestry for risk management: a review. **European Journal of Forest Research**, v. 130, n. 3, p. 329-351, 1 maio 2011.
- HOLECY, J.; HANEWINKEL, M. A forest management risk insurance model and its application to coniferous stands in southwest Germany. **Forest Policy and Economics**, v. 8, n. 2, p. 161-174, 1 mar. 2006.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura, 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html>>. Acesso em: 03 jul. 2023.
- LI, Y.; LIN, Y.; XIANG-ZHI, L.Y.L.Y. Study on Farmers' Willingness to Pay for Policy Forest Insurance Based on Cox Model. *Journal of Hunan University*, v. 40, n.2, p. 103-108, 2013.

- LINDNER, M. *et al.* Climate change and European forests: What do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management? **Journal of Environmental Management**, v. 146, p.69-83, 15 dez. 2014.
- LIU, C.; LIU, H.; WANG, S. Has China's new round of collective forest reforms caused an increase in the use of productive forest inputs? **Land use policy**, v. 64, p. 492-510, 1 maio 2017.
- LOISEL, P.; BRUNETTE, M.; COUTURE, S. Insurance and Forest Rotation Decisions Under Storm Risk. **Environmental and Resource Economics**, v. 76, n.2 p. 347-367, 1 jul. 2020.
- LOPES, M. A. O futuro da gestão de riscos na agropecuária. **Revista de Política Agrícola**, v.26, n. 3, p. 3-7, 2017.
- LU, S.; SUN, H.; ZHOU, Y.; QUIN, F.; GUAN, X. Examining the impact of forestry policy on poor and non-poor farmers' income and production input in collective forest areas in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 276, p. 123784, 10 dez. 2020.
- LU, S.; CHEN, N.; ZHONG, X.; HUANG, J.; GUAN, X. Factors affecting forestland production efficiency in collective forest areas: A case study of 703 forestland plots and 290 rural households in Liaoning, China. **Journal of Cleaner Production**, v. 204, p. 573-585, 10 dez. 2018.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Atlas do Seguro Rural**, 2023. Disponível em <<https://indicadores.agricultura.gov.br/atlasdoseguro/index.htm>>. Acesso em: 13 de mai. 2023.
- MIQUELLUTI, D. L.; OZAKI, V. A.; MIQUELLUTI, D. J. An application of geographically weighted quantile LASSO to weather index insurance design. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 26, p. e200387, 2022.
- MAPFRE. Grandes Riscos e Agronegócio – Seguro florestal. Disponível em: <https://www.mapfre.com.br/para-seus-negocios/agronegocios/florestal/>. Acesso em: 13 de mai. 2023.

- MA, N.; ZUO, Y.; LIU, K.; QI, Y. Forest insurance market participants' game behavior in China: An analysis based on tripartite dynamic game model. **Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)**, v. 8, n. 5, p. 1533-1546, 2015.
- MENSAH, N. O.; TWINTOH, J. J.; AMRAGO, E. C.; DONKOR, A.; ANANG, S. A. Forestry insurance preference among tree growers in the Ashanti Region of Ghana: a tobit and multi-nomial regression approach. **Managerial Finance**, v. 47, n.8, p. 1194-1212, 1 jan. 2021.
- MOREIRA, J. M, M. A. P.; OLIVEIRA, E. B. DE. Importância do setor florestal brasileiro com ênfase nas plantações florestais comerciais. *Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental*, p. 11-19, 2017.
- OKOLI, C.; DUARTE, D. W. A.; MATTAR, J. Guia para realizar uma Revisão Sistemática de Literatura. **EAD em Foco**, v. 9, n. 1, 3 abr. 2019.
- PEREIRA, R. S. **Custo do seguro de florestas em plantios florestais**. 2017. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ciência Florestal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2017.
- PEREIRA, R. S.; CORDEIRO, S.A.; OLIVEIRA, M.L.R.; JUNIOR, J.B.G.; MATOSINHOS, C.C. Avaliação da comercialização dos seguros florestais no Brasil. **Nativa**, v. 6, n. 3, p. 293-299, 22 maio 2018.
- PEREIRA, R. S.; CORDEIRO, S.A.; OLIVEIRA, M.L.R.; MATOSINHOS, C.C.; JUNIOR, J.B.G. Cost of forest insurance in the economic viability of eucalyptus plants. **Revista Árvore**, v. 42, p. e420302, 13 set. 2018.
- PINHEIRO, A. C.; RIBEIRO, N. DE A. Forest property insurance: an application to Portuguese woodlands. **International Journal of Sustainable Society**, v. 5, n. 3, p. 284-295, jan. 2013.
- QIN, T.; GU, X.; TIAN, Z.; PAN, H.; DENG, J.; WAN, L. An empirical analysis of the factors influencing farmer demand for forest insurance: Based on surveys from Lin'an County in Zhejiang Province of China. **Journal of Forest Economics**, Special section: From Generation to Generation – the Use of Commons in a Changing Society. v. 24, p. 37-51, 1 ago. 2016.

- QIN, T.; PAN, H.; GU, X. The effect of coverage level and premium subsidy on farmers' participation in forest insurance: An empirical analysis of forest owners in Hunan Province of China. **Journal of Sustainable Forestry**, v. 35, n. 3, p. 191-204, 2 abr. 2016.
- ROBERTS, R.A.J. **Insurance of Crops in Developing Countries**. Agricultural Services. Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations, p. 1-79, 2005.
- SACCHELLI, S.; CIPOLLARO, M.; FABBRIZZI, S. A GIS-based model for multiscale forest insurance analysis: The Italian case study. **Forest Policy and Economics**, v. 92, p. 106-118, 1 jul. 2018.
- SAUTER, P. A.; MOLLMANN, T. B.; ANASTASSIADIS, F.; MUBHOFF, O.; MOHRING, B. To insure or not to insure? Analysis of foresters' willingness-to-pay for fire and storm insurance. **Forest Policy and Economics**, v. 73, p. 78-89, 1 dez. 2016.
- SCHOENE, D. H. F.; BERNIER, P. Y. Adapting forestry and forests to climate change: A challenge to change the paradigm. **Forest Policy and Economics**, Adaptation and mitigation Options for forests and forest management in a changing climate. v. 24, p. 12-19, 1 nov. 2012.
- SONG, Y.; PENG, H. Strategies of forestry carbon sink under forest insurance and subsidies. **Sustainability**, v. 11, n. 17, p. 4607, 24 ago. 2019.
- SUPERINTENDENCIA DE SEGUROS PRIVADOS. **Dados de prêmio do seguro florestal**. Disponível em: < <https://www2.susep.gov.br/menuestatistica/SES/principal.aspx>>. Acesso em: 10 out. 2023.
- UNTERBERGER, C.; OLSCHEWSKI, R. Determining the insurance value of ecosystems: A discrete choice study on natural hazard protection by forests. **Ecological economics**, v. 180, p. 106866, 1 fev. 2021.
- WEDEKIN, I; **Política Agrícola no Brasil: o agronegócio na perspectiva global**. 1. ed. São Paulo: **WDK Agronegócio**, 2019. 356 p.
- ZHANG, D.; STENGER, A. Timber insurance: perspectives from a legal case and a preliminary review of practices throughout the world. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v. 44, n. 1, p. 1-7, 26 nov. 2014.

ZORZI, A. L.; TORRES, R.; OZAKI, V.A.; MARTINS, G. Expansão da área cultivada com soja no Rio Grande do Sul: seus efeitos sobre o seguro agrícola. **61º Congresso da SOBER**. Piracicaba, São Paulo. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/Anais/sober2023/624680>>. Acesso em: 18 out. 2023.

Anexos

ANEXO A. Histórico da regulamentação do seguro florestal no Brasil.

Leis/Normas	Data	Objetivo principal	Data da última mudança de norma incidente
Decreto-Lei n° 73	21 de novembro de 1966	“Dispõe sobre o Sistema Nacional de Seguros Privados, regula as operações de seguros e resseguros e dá outras providências.”	03 de agosto de 2022
Circular SUSEP n° 14	05 de fevereiro de 1978	“Aprova condições gerais, tarifa e proposta para o seguro compreensivo de florestas e dá outras providências.”	19 de setembro de 2005
Circular SUSEP n° 42	12 de junho de 1979	“Altera a condição geral e tarifa do seguro compreensivo de florestas (Circular SUSEP n° 14/78).”	19 de setembro de 2005
Circular SUSEP n° 09	08 de fevereiro de 1980	“Altera o item 6 das condições gerais do seguro compreensivo de florestas (circular SUSEP n° 14/78, de 23/02/78).”	19 de setembro de 2005
Circular SUSEP n° 51	06 de dezembro de 1982	“Altera o prazo de aviso de sinistros constante do subitem 9.1, das condições gerais do seguro compreensivo de florestas, para 8 (oito) dias.”	19 de setembro de 2005
Circular SUSEP n° 009	11 de abril de 1988	“Aprova a consolidação das disposições aplicáveis ao Seguro Compreensivo de Florestas.”	30 de setembro de 2004
Lei n° 8.171	17 de janeiro de 1991	“Dispõe sobre política agrícola”	29 de dezembro de 2022
Lei n° 10823	19 de dezembro de 2003	“Dispõe sobre a subvenção econômica ao prêmio do Seguro Rural e dá outras providências .”	25 de setembro de 2015
Circular SUSEP n° 268	30 de setembro de 2004	“Disponibiliza no site da SUSEP as novas condições contratuais do plano padronizado do seguro de florestas e dá outras providências.”	20 de agosto de 2015
Circular SUSEP n° 518	20 de agosto de 2015	“Revoga as circulares que menciona.”	22 de abril de 2020
Circular SUSEP n° 604	22 de abril de 2020	“Revoga circulares da SUSEP, com base nos artigos 1°, 7° e 8° do Decreto n° 10.139, de 28 de novembro de 2019.”	Sem alterações

Fonte: Superintendência de Seguros Privados (SUSEP, 2023).

ANEXO B. Quantidade de apólices por tipo de evento ocorrido relacionado ao seguro florestal no PSR (2006-2022).

Evento	Apólices	Percentual (%)
Incêndio	60	1.53
Seca	52	1.33
Ventos fortes/frios	17	0.43
Geadas	6	0.15
Granizo	11	0.28
Demais causas	1	0.03
Inundação/tromba d'água	1	0.03
Chuva excessiva	2	0.05
Sem evento	3.778	96.36
Total	3.928	100

Fonte: Atlas do Seguro Rural (MAPA, 2023).

ANEXO C. Identificações das revistas de acordo com o nome e ISSN.

Nome da Revista	ISSN	Nome da Revista	ISSN
Theory and Decision	1573-7187	The Geneva Papers on Risk and Insurance	1018-5895
Climatic Change	1573-1480	New Zealand Journal of Forestry	0048-0134
Land Use Policy	0264-8377	Environmental and Resource Economics	1573-1502
Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change	1573-1596	Risk Management and Insurance	1540-6296
Sustainability	2071-1050	Earth and Environmental Science	1755-1315
Journal of Forest Economics	1104-6899	Ecological Economics	0921-8009
Journal of Sustainable Forestry	1054-9811	Journal of Industrial Engineering and Management	2985-5683
Forests	1999-4907	Journal of Human University	1674-2974
Revista Árvore	0100-6762	International Journal of Sustainable Society	1756-2538
Nativa	2318-7670	Journal of Cleaner Production	0959-6526
Annals of Forest Science	1297-966X	Forest Policy and Economics	1872-7050
Managerial Finance	0307-4358	-	-

Fonte: Resultados da pesquisa.

3. MODELOS DE PREVISÃO APLICADOS AO PRÊMIO DO SEGURO FLORESTAL NO BRASIL: DISCUSSÕES PARA O PROGRAMA DE SUBVENÇÃO AO PRÊMIO DO SEGURO RURAL (PSR)

Resumo

O seguro florestal é uma das modalidades contempladas pelo Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR). Contudo, desde 2020, o orçamento de recursos federais destinado para subvencionar essa modalidade está desalinhado com o montante de recursos que de fato é demandado pelo mercado, o que pode estar prejudicando o desenvolvimento do seguro. Diante desse cenário, este estudo emprega métodos preditivos para projetar o volume de prêmio do seguro florestal, visando utilizá-lo como um indicador da demanda, e, assim, discutir o valor adequado de subvenção necessário para atender a demanda prevista. Entre os modelos estimados, o SARIMA (0,0,0)(2,1,0) obteve o melhor desempenho, sendo utilizado para prever o volume de prêmio para os anos de 2023 e 2024. As análises indicam que o volume total de subvenção necessário para atender 100% da demanda por seguro florestal nesses anos seria de aproximadamente R\$8.893.190 e R\$8.537.626, respectivamente. Contudo, considerando apenas a capacidade de pagamento do governo, limitada pela média do volume de prêmio que recebeu apoio do PSR nos últimos cinco anos, esses valores seriam de R\$1.778.638 e R\$1.707.525, respectivamente.

Palavras-chave: Prêmio, Subvenção, Previsão

Abstract

Forest insurance is one of the modalities covered by the Rural Insurance Premium Subsidy Program (PSR). However, since 2020, the budget of federal resources allocated to subsidize this modality has been misaligned with the amount of resources actually demanded by the market, which may be hindering the development of insurance. Faced with this scenario, this study employs predictive methods to project the volume of forest insurance premiums, aiming to use it as an indicator of demand, and thus discuss the appropriate subsidy value needed to meet the forecasted demand. Among the estimated models, SARIMA (0,0,0)(2,1,0) performed the best, being used to forecast the premium volume for the years 2023 and 2024. The analyses indicate that the total subsidy volume required to meet 100% of the demand for forest insurance in those years would be approximately R\$8,893,190 and R\$8,537,626, respectively. However, considering only the government's payment capacity, limited by the average volume of premiums supported by the PSR in the last five years, these values would be R\$1,778,638 and R\$1,707,525, respectively.

Keywords: Premium, Subsidy, Forecast

3.1. Introdução

O Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR) tem como objetivo subsidiar uma parcela do prêmio do seguro rural nas modalidades agrícola, florestal, pecuária

e aquícola⁷. Por meio do PSR, o Governo Federal torna o seguro mais acessível para os produtores (Ozaki, 2008). No entanto, o PSR enfrenta desafios que demandam soluções adequadas para a sua efetiva operacionalização. Entre esses desafios, destaca-se a indefinição de metodologias para determinar a distribuição do orçamento de recursos governamentais que devem ser destinados à subvenção (Adami; Ozaki, 2012).

Em 2020, por exemplo, o orçamento de recursos federais destinados ao seguro florestal foi de R\$10.000.000, mas apenas R\$1.519.276 foram efetivamente demandados. Nos dois anos seguintes, os orçamentos foram de R\$1.000.000 e R\$2.000.000, enquanto a demanda do mercado foi de R\$1.771.627 e R\$2.584.972, respectivamente (Brasil, 2020; Brasil, 2021; Brasil, 2022; Mapa, 2023). Percebe-se que as estimativas desses recursos não estão alinhadas com as demandas do mercado e não parecem seguir nenhum método estatístico válido que determine a distribuição adequada dos valores para cada modalidade de seguro pertencente ao programa.

Em termos gerais, a alocação de recursos no PSR é determinada pelo Plano Trienal do Seguro Rural (PTSR), que também estabelece as diretrizes e prioridades da política de subvenção para cada triênio. O orçamento anual do PSR é elaborado previamente ao exercício, sendo o Comitê Gestor Interministerial do Seguro Rural (CGSR) responsável por definir sua distribuição entre as modalidades, alinhado aos interesses governamentais. Contudo, a falta de critérios técnicos bem definidos para essa distribuição pode prejudicar a eficiência na alocação dos recursos, podendo ocorrer tanto a subestimação quanto superestimação dos recursos destinados a cada modalidade (Adami; Ozaki, 2012).

A Auditoria operacional do Tribunal de Contas da União (TCU) de 2013, que analisou a eficácia do PSR como política de redução de riscos na agropecuária, reforça essas preocupações. Dentre as situações encontradas no referido relatório, no que se refere ao planejamento, destaca-se “a ausência de critérios técnicos para o dimensionamento de necessidades orçamentárias” e a constatação de que “O MAPA e o CGSR não têm se utilizado de critérios técnicos baseados em metodologia atuarial válida, estatística ou estudos técnicos na definição dos valores que constam nos Planos Trienais e nas peças orçamentárias, de modo que haja coerência entre os valores programados” (Brasil, 2013).

Segundo Mota, Ozaki e Miquelluti (2021), a alocação de recursos para subvenção no PSR está condicionada à estimativa do volume de prêmios, que é uma medida relacionada à demanda de mercado. Dessa forma, em períodos de aumento no volume de prêmios de um

⁷ As atividades elegíveis por cultura podem ser verificadas no Apêndice A.

determinado seguro rural, espera-se um aumento na demanda por recursos de subvenção. Adicionalmente, o aumento de recursos para subvenção incentivada que mais produtores adquiriram o produto. Isso posto, conclui-se que a previsão do volume de prêmios pode auxiliar no equacionamento do orçamento ideal de recursos destinados à subvenção, considerando sua relação como um percentual do valor total do prêmio (Mota; Ozaki; Miquelluti, 2021).

Dessa forma, o presente estudo busca contribuir com a literatura sobre seguro rural, com foco específico na modalidade de seguro florestal. Nesse contexto, busca-se avaliar o desempenho de diferentes métodos preditivos para modelar a série do volume de prêmios dessa modalidade. Busca-se responder: qual metodologia apresenta a melhor previsão? Qual será a demanda por seguro florestal no Brasil em 2023 e 2024? Qual seria o volume de subvenção necessário para atender 100% da demanda por seguro florestal no Brasil? Quais as implicações disso para a discussão sobre os recursos de subvenção que devem ser atribuídos à modalidade do seguro florestal dentro do PSR?

Para responder as questões estabelecidas, o artigo está estruturado em 5 seções. Além dessa introdução inicial, a próxima seção descreve algumas características da operacionalização de recursos no PSR⁸ e fornecer a revisão de literatura. Posteriormente, são expostos os métodos que foram avaliados⁹, sendo estes: modelos autorregressivos integrados e de média móvel (ARIMA), e suas variações, com sazonalidade (SARIMA), com sazonalidade e variáveis regressoras (SARIMAX), modelos não lineares (ARCH e GARCH) e modelos híbridos (ARIMA-GARCH). Na quarta seção, são expostos os resultados alcançados, enquanto que a última parte trás as conclusões do estudo.

3.2. Informações orçamentárias do PSR

O PSR tem como objetivo expandir o mercado de seguros rurais por meio do subsídio de um percentual da taxa de prêmio, que pode variar de acordo com a cultura, espécie e modalidade de seguro, levando em consideração também a região e as condições contratuais (Macedo; Pacheco; Espírito Santo, 2013). Conforme estabelecido pelo Decreto nº 5.121/2004, as diretrizes do PSR são: “promover a universalização do acesso ao seguro rural; assegurar o papel do seguro rural como instrumento para a estabilidade da renda agropecuária

⁸ A seção 3.2 foi inspirada no artigo de Adami e Ozaki (2012).

⁹ A estrutura de apresentação da seção metodológica baseou-se em Mota (2019) e Diniz (2023).

e induzir o uso de tecnologias adequadas; e modernizar a gestão do empreendimento agropecuário” (Brasil, 2004).

A gestão e coordenação da política de seguro rural são de responsabilidade do Comitê Gestor Interministerial do Seguro Rural (CGSR), vinculado ao Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA). Compete ao referido comitê dentre outras atribuições, aprovar e divulgar: “i) percentuais sobre o prêmio do seguro rural e os valores máximos da subvenção econômica; ii) condições operacionais específicas; iii) culturas vegetais e espécies animais abrangidas pelo benefício previsto nesta Lei; iv) condições técnicas a serem cumpridas pelos beneficiários; v) regiões beneficiadas pelo programa; vi) proposta de Plano Trienal ou ajustes anuais, estabelecendo diretrizes e condições para a concessão da subvenção econômica” (Brasil, 2003).

As diretrizes e prioridades do Plano Trienal do Seguro Rural em vigor, que abrange o período de 2022 a 2024, foram aprovadas pelo CGSR por meio da resolução nº 83, de 22 de junho de 2021 (Brasil, 2021). No documento, constam os percentuais de subvenção ao prêmio do seguro rural, os limites financeiros anuais por beneficiário e as diretrizes gerais para o período em questão. Conforme disposto no artigo 17, inciso V, do Decreto nº 5.121/2004 (Brasil, 2004), que estabelece a necessidade de uma estimativa do montante total de recursos alocados para o período de vigência do PTSR, a dotação orçamentária do seguro rural está estimada conforme as informações apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Estimativa do valor total de subvenção de acordo com o PTSR (2022-2024).

Ano Civil	2022	2023	2024
Valor estimado	R\$ 1.000.000.000	R\$ 1.032.000.000	R\$ 1.066.000.000

Fonte: Brasil (2021).

Para o período de 2022 a 2024, os limites máximos de subsídio por beneficiário, em cada ano civil, foram definidos em 40% para todas as modalidades e culturas, exceto para a cultura de soja, estabelecido em 20%. O produtor pode receber a subvenção para mais de uma modalidade, desde que o somatório do benefício não ultrapasse o valor máximo de R\$120.000 por ano civil. Além disso, a subvenção econômica concedida pelo Governo Federal, pode ser complementada por subvenções econômicas concedidas pelos governos estaduais e municipais (Brasil, 2021). Essas informações estão resumidas no Quadro 4.

Grupos de atividades		Percentual de Subvenção	Limite anual
Grãos	Soja	20%	R\$ 60.000 (por grupo)
	Demais	40%	
Frutas, Olerícolas, Café e Cana-de-açúcar			
Florestas			
Pecuária			
Aquicultura			
Limite anual R\$ 120.000			

Quadro 4. Resumo dos limites e percentuais de subvenção dos recursos do PSR (2022-2024).
Fonte: Brasil (2021).

Após a definição das diretrizes e condições gerais do PSR pelo PTSG, é atribuição do CGSR aprovar e divulgar a distribuição do orçamento anual para cada tipo de grão e cultura. A priori, a alocação dos recursos é realizada com base nas projeções de demanda por subsídio feitas pelas seguradoras, considerando diferentes produtos e modalidades de seguro rural (Adami; Ozaki, 2012). No exercício de 2023, a distribuição do orçamento do PSR foi aprovada pela Resolução n° 96, de 14 de abril de 2023, publicada no Diário Oficial da União (DOU) (Brasil, 2023). Os detalhes da distribuição podem ser visualizados na Tabela 6.

Tabela 6. Distribuição do orçamento do PSR para o exercício de 2023.

Cultura	Valor (R\$)
Grãos de inverno ¹⁰	400.000.000
Grãos de verão ¹¹	493.000.000
Frutas	77.000.000
Pecuário	10.000.000
Florestas	3.000.000
Outros ¹²	80.376.377
Total	R\$ 1.063.376.377

Fonte: Brasil (2023).

Para 2023, o Governo Federal aprovou a distribuição de recursos no valor de R\$1.063.376.277 para o programa. Dessa quantia, R\$893.000.000 foram destinados ao subsídio do prêmio das culturas de grãos de inverno e verão, R\$77.000.000 para frutas e R\$10.000.000 para a modalidade do seguro pecuário. Adicionalmente, R\$80.376.377 foram destinados para o grupo de culturas que inclui café, cana-de-açúcar, olerícolas e a modalidade de seguro aquícola. Por fim, R\$3.000.000 foram direcionados à modalidade de seguro de florestas.

¹⁰ Grãos de inverno: aveia, canola, cevada, centeio, milho 2° safra, feijão 2° safra, sorgo, trigo e tritcale.

¹¹ Grãos de verão: algodão, amendoim, arroz, fava, feijão 1° safra, girassol, milho 1° safra e soja.

¹² Outros: aquícola, café, cana-de-açúcar e olerícolas.

Destaca-se que em 2013, o TCU realizou uma auditoria no PSR para avaliar a gestão do programa. Conforme sintetizado por Santos e Silva (2017), o levantamento do TCU indicou inconsistências tanto em ações de planejamento de médio e longo prazo quanto em certos aspectos da execução. O relatório também destacou a necessidade de maior foco em “economicidade e eficiência” no cumprimento dos objetivos traçados e a necessidade de medidas para o aperfeiçoamento da gestão (Santos; Silva, 2017).

Os auditores do TCU chamam a atenção ainda para o fato de que há diversas fragilidades no PSR em relação às oscilações nos aportes anuais e à persistência de incertezas que afetam a expansão e o aperfeiçoamento da cobertura aos riscos, incluindo questões relacionadas à gestão, metodologia e distribuição de recursos e contingenciamentos (Santos; Silva, 2017). Tais indefinições dificultam a tomada de decisões por parte do mercado. Ademais, a falta de sistematização e divulgação adequada de dados também foi identificada no trabalho de Santos, Souza e Alvarenga (2013).

De fato, os critérios estatísticos para a distribuição dos recursos não parecem ainda bem definidos em relação ao orçamento anual. Até 2019, por exemplo, os recursos destinados às florestas eram agrupados juntamente com os destinados às culturas de cana-de-açúcar, café e olerícolas. Somente a partir de 2020 é que foram alocados recursos exclusivos para essa modalidade. No entanto, conforme a Tabela 7, que compara os recursos orçados com os gastos efetivos, percebe-se que as estimativas desses recursos não estão adequadas às demandas do mercado. Em 2020, os recursos orçados foram muito superiores aos gastos efetivos, enquanto que em 2021 e 2022 a demanda por subvenção superou os recursos disponibilizados pelo governo.

Tabela 7. Recursos orçados e gastos efetivos para a modalidade do seguro florestal no PSR (2020-2023).

Período	Recursos orçados	Gastos efetivos
2020	R\$ 10.000.000	R\$ 1.519.276
2021	R\$ 1.000.000	R\$ 1.771.627
2022	R\$ 2.000.000	R\$ 2.584.972
2023	R\$ 3.000.000	-

Fonte: Brasil (2020), Brasil (2021), Brasil (2022), Brasil (2023) e MAPA (2023) com base em Adami e Ozaki (2012).

Assim, compreender as prioridades estabelecidas e a maneira como a questão distributiva é abordada, assim como a alocação de recursos para a subvenção, torna-se uma tarefa complexa e não trivial para o desenvolvimento do PSR (Santos; Silva, 2017). O aumento dos recursos alocados para a subvenção do seguro rural impulsiona sua massificação,

beneficiando um maior número de produtores. Porém, a redução ou corte desses recursos pode representar um retrocesso no desenvolvimento do programa. Nesse sentido, faz-se necessário prever a demanda potencial do mercado para os próximos anos e definir, por meio das resoluções do CGSR, a quantidade de recursos a serem direcionados às diferentes modalidades do seguro.

A literatura que aborda a previsão de prêmios é recente e limitada, porém, alguns estudos têm sido conduzidos nessa área. Adami e Ozaki (2012) utilizaram modelos preditivos para projetar o comportamento dos prêmios diretos da modalidade do seguro agrícola e calcular a quantia de subvenção adequada para evitar uma estagnação do mercado. Os resultados indicaram que seria necessário um suplemento no orçamento do PSR em 2011, uma vez que a alocação prevista seria insuficiente para manter a tendência de crescimento do seguro, resultando em uma retração do mercado aos mesmos patamares observados em 2009.

Os resultados obtidos por Adami e Ozaki (2012) foram atualizados por Mota, Ozaki e Miquelluti (2021), utilizando séries temporais mais longas e modelos estatísticos alternativos para a análise do prêmio direto do seguro agrícola em nível regional. Em outro estudo relevante, realizado por Ozaki (2013), foi empregado o modelo ARIMA com o propósito de determinar o volume ótimo de subvenção necessário para que todo o crédito de custeio das lavouras pudesse ser coberto pelo mercado segurador. Os resultados destacaram que o aporte de recursos para 2011 deveria ter sido quatro vezes superior ao montante inicialmente comprometido, evidenciando que seriam necessários maiores esforços do governo federal na expansão dos recursos destinados ao PSR.

3.2.1. Relação entre o volume de prêmio florestal e os recursos do PSR.

Atualmente, existem duas bases de dados que armazenam informações referentes ao volume de prêmios do seguro florestal. A primeira é a base de dados da Superintendência de Seguros Privados (SUSEP), a qual apresenta a trajetória histórica (mensal) do prêmio de seguro florestal, considerando todas as companhias seguradoras devidamente autorizadas a operar no território brasileiro (SUSEP, 2023). A segunda é o Atlas do Seguro Rural, que registra a evolução histórica (anual) do volume de prêmio de seguro florestal que foi subvencionada por meio de recursos do PSR. Portanto, os dados contidos no Atlas representam uma parcela do total dos dados disponibilizados pela SUSEP, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8. Relação entre os dados da SUSEP e do Atlas do Seguro Rural (2010-2022).

Ano	Prêmio (SUSEP) (R\$)	Prêmio (Atlas) (R\$)	Percentual de Prêmio no PSR (%)	Volume de Subvenção (Atlas) (R\$)	Percentual de Subvenção (%)	Taxa de crescimento (%)
2013	11.439.074	7.245.629	63.34	2.515.536	34.72	-
2014	15.625.285	10.216.151	65.38	3.424.974	33.52	-3.46
2015	17.216.241	1.837.122	10.67	817.942	44.52	32.81
2016	17.834.213	4.159.455	23.32	1.295.507	31.15	-30.03
2017	16.688.910	2.687.566	16.10	1.028.311	38.26	22.82
2018	20.226.358	3.390.931	16.76	1.067.353	31.47	-17.75
2019	21.707.888	4.378.751	20.17	1.256.057	28.68	-8.86
2020	28.195.362	4.648.226	16.48	1.519.276	32.68	13.95
2021	25.687.191	5.061.604	19.70	1.771.627	35.00	7.10
2022	30.196.520	7.873.719	26.07	2.584.972	32.83	-6.20

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Atlas do Seguro Rural (2023) e da SUSEP (2023).

Nos últimos 10 anos, de acordo com os dados da SUSEP, houve um aumento substancial no volume total de prêmio no mercado de seguros florestais, passando de R\$11.439.074 em 2013 para R\$30.196.520 em 2022. No entanto, percebe-se que ocorreu uma redução significativa no percentual de prêmio que recebeu apoio do PSR ao longo desse período. Em 2014, 65.38% do volume do prêmio recebeu aporte de recursos. A partir de 2015¹³, o contingenciamento de recursos ocasionou uma redução significativa na disponibilidade de subvenção, fazendo com que em 2022, apenas 26.07% do volume total de prêmio no mercado tenha recebido subvenção do programa. Em outras palavras, a demanda por seguro florestal aumentou, porém, o aporte de subvenção não seguiu o mesmo ritmo de crescimento.

Além disso, a Tabela 8 mostra que, nos últimos 5 anos, o percentual médio de subvenção, considerando apenas o volume de prêmio indicado pelo Atlas, foi de 32.13%, com uma taxa média de crescimento da subvenção de -2.35%, oscilando entre anos de crescimento e queda. No entanto, ao considerar os dados da SUSEP, é perceptível que a maior parte do volume de prêmio do mercado não recebe aporte do PSR. Em média, apenas 19.84% do total de prêmio esteve associado ao programa nos últimos 5 anos. Dessa forma, é pertinente discutir qual seria o volume de subvenção necessário para subvencionar 100% da demanda por seguro florestal no Brasil e quais as implicações disso para o PSR.

¹³ De acordo com Wedekin (2019), em 2015, houve um contingenciamento de recursos no PSR em razão da deterioração das contas do governo federal. A subvenção no âmbito do PSR caiu de R\$689 milhões, em 2014, para R\$277 milhões, em 2015.

3.3. Modelos de previsão em séries temporais

De acordo com Morettin e Toloí (2006), os métodos empregados na descrição de séries temporais são baseados em processos estocásticos, ou seja, processos regidos por princípios probabilísticos. Existem vários modelos distintos que podem descrever o comportamento de uma mesma série específica, considerando fatores como o comportamento do fenômeno, o conhecimento prévio de sua natureza e o objetivo da análise (Morettin; Toloí, 2006).

Um modelo estocástico representa uma aproximação do comportamento de um evento aleatório influenciado por fatores também desconhecidos. Esse tipo de modelo estima a probabilidade de um valor futuro de uma determinada série estar contido em intervalos específicos (Box; Jenkins, 1970). Formalmente, um processo estocástico pode ser descrito como uma família $Z = \{Z(t), t \in T\}$, tal que, para cada $t \in T$, $Z(t)$ é uma variável aleatória. Nestas condições, um processo estocástico é uma família de variáveis aleatórias definidas em um mesmo espaço de probabilidade (Ω) (Morettin; Toloí, 2006).

Uma série temporal (Z_t) pode ser decomposta em três componentes: tendência (T_t), sazonalidade (S_t) e uma componente aleatória (a_t). A tendência refere-se aos elementos de longo prazo relacionados com a série temporal; a sazonalidade, por sua vez, revela as variações que ocorrem em padrões regulares e repetitivos na série; por fim, a componente aleatória, também conhecida como erro ou ruído, captura o comportamento imprevisível e aleatório da série. Portanto, conforme Morettin e Toloí (2006), pode-se formalizar a notação de uma série Z_t como uma soma desses três componentes:

$$Z_t = T_t + S_t + a_t \quad (6)$$

Uma das premissas mais comuns relacionadas a uma série temporal é a suposição de estacionariedade, indicando que ela evolui no tempo de maneira aleatória em torno de uma média constante, demonstrando alguma forma de equilíbrio estável (Morettin; Toloí, 2006). Dessa forma, um processo estocástico $Z = \{Z(t), t \in T\}$ é estacionário se sua média (μ) e sua variância (σ^2) não mudam à medida que o tempo avança, e a autocorrelação entre as observações da série não varia com o tempo absoluto, mas sim com a diferença do tempo em que são feitas as medições. Esse processo de estacionariedade pode ser especificado da seguinte forma:

$$E\{Z(t)\} = \mu \quad (7)$$

$$E\{Z^2(t)\} = \sigma^2 \quad (8)$$

$$E[(Z(t) - \mu)(Z(s) - \mu)] / \sigma^2 = \rho_{t-s} \quad (9)$$

Todavia, existem séries que não seguem um padrão estacionário (Box; Jenkins, 1970). Nestes casos, considerando que muitos procedimentos de análise de séries temporais supõem que estas sejam estacionárias, utilizam-se algumas técnicas de transformação dos dados originais. A transformação mais comum consiste em tomar diferenças sucessivas da série original, até se obter uma série estacionária, conforme observado por Morettin e Tolo (2006). Além disso, em algumas situações em que o problema da série se encontra na variância, pode ser necessário aplicar à série original alguma transformação não-linear, como a logarítmica ou, da forma Box-Cox.

$$Z_t^\lambda = \begin{cases} \frac{Z_t^\lambda - 1}{\lambda}, & \text{se } \lambda \neq 0 \\ \log Z_t, & \text{se } \lambda = 0 \end{cases} \quad (10)$$

onde λ é o parâmetro de transformação.

Uma abordagem comum para determinar a necessidade de transformação é examinar um gráfico que relaciona a média (representada no eixo das abscissas) e a amplitude (no eixo das ordenadas) dos subconjuntos de uma série em questão (Diniz, 2023). Esses subconjuntos podem ser subdivididos de acordo com o período sazonal correspondente. Quando os pontos se distribuem em torno de uma linha reta com uma inclinação leve, sugere-se a aplicação de uma transformação não-linear (Morettin; Tolo, 2006).

Além disso, grande parte das técnicas de previsão se fundamenta na premissa de que informações sobre o padrão de comportamento de uma série temporal podem ser extraídas de observações passadas (Vandaele, 1983). Dessa forma, o propósito desses métodos é distinguir o padrão de qualquer ruído que possa estar contido nas observações e então usar esse padrão para prever valores futuros (Morettin; Tolo, 2006). Box e Jenkins (1970) desenvolveram uma abordagem de interação amplamente utilizada no campo das séries temporais, conhecida como metodologia Box-Jenkins.

3.3.1. Metodologia Box-Jenkins

A metodologia de Box-Jenkins consiste em ajustar modelos autorregressivos AR (p), de médias móveis MA (q) ou autorregressivos integrados de médias móveis ARIMA (p,d,q) a um conjunto de dados. Em outras palavras, é um ciclo de processo iterativo utilizado para encontrar a especificação correta de um modelo de previsão. Essa abordagem envolve quatro etapas fundamentais: identificação, estimação, diagnóstico e previsão. Além disso, como preparação preliminar à fase de identificação, é importante recorrer a análise gráfica para eventualmente aplicar algum tipo de transformação na série, como já mencionado anteriormente.

A primeira etapa busca identificar a especificação inicial dos modelos de previsão. Através da análise dos correlogramas da função de autocorrelação (FAC) e da função de autocorrelação parcial (FACP) identificam-se os primeiros indícios de estacionariedade e comportamento sazonal da série, bem como os valores preliminares¹⁴ dos parâmetros autorregressivos (p) e de médias móveis (q). Nesta etapa, como complemento, também são realizados testes estatísticos de raiz unitária, raiz unitária sazonal e quebra estrutural.

Após a identificação de um modelo provisório, a segunda etapa consiste na estimação dos parâmetros do modelo. Conforme destaca Morettin e Tolo (2006), os valores dos parâmetros podem ser estimados por mínimos quadrados ordinários (MQO). No entanto, em certos momentos é necessário um procedimento iterativo de estimação não-linear de mínimos quadrados e as estimativas preliminares encontradas na fase de identificação podem ser usadas como valores iniciais neste procedimento. Atualmente, os programas computacionais incorporam estes valores iniciais, não havendo necessidade de se obter estimativas preliminares (Morettin; Tolo, 2006).

Na verificação do diagnóstico, uma vez eleito o modelo mais adequado e estimado os parâmetros, deve ser verificado o seu ajuste aos dados. A fim de que o modelo estimado seja visto como uma ferramenta eficaz, é importante que os seus resíduos se assemelhem a ruídos brancos, ou seja, devem ter média zero, variância constante e não apresentar autocorrelação (Vandaele, 1983). Em caso afirmativo, avança-se para a etapa de previsão e, em caso contrário, deve-se retornar à etapa de identificação para encontrar um novo modelo. Por fim, uma vez verificados os três passos iniciais, pode-se realizar a previsão desejada. A Figura 3 resume a abordagem de Box e Jenkins (1970) para a construção de modelos para previsões.

¹⁴ Os padrões teóricos dos correlogramas da FAC e FACP estão apresentados no Apêndice B.

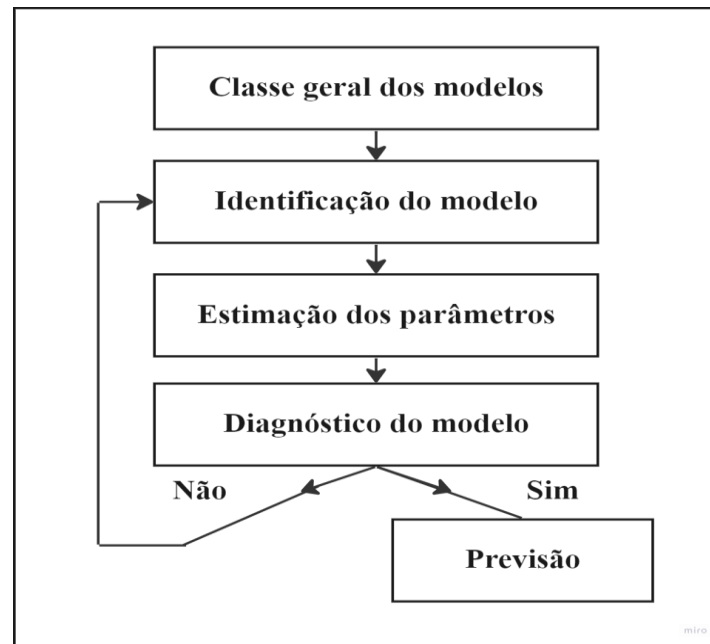


Figura 3. Fluxograma da abordagem Box-Jenkins.

Fonte: Adaptado de Box e Jenkins (1970).

Neste trabalho, a estacionariedade da série foi avaliada pelos testes de raiz unitária de Dickey-Fuller (Dickey; Fuller, 1979) e o teste HEGY de raiz unitária sazonal (Hyllerberg *et al.*, 1990). Adicionalmente, a identificação de uma possível quebra estrutural foi feita com o teste de Zivot e Andrews (1992)¹⁵. As funções de autocorrelação (FAC) e autocorrelação parcial (FACP) foram utilizadas para determinar os parâmetros preliminares. A seleção dos modelos baseou-se na análise do Critério de Informação de Akaike (AIC) (Akaike, 1974), indicador da qualidade do ajuste do modelo (Enders, 2010). A normalidade, autocorrelação e heteroscedasticidade dos resíduos foram verificadas através dos testes de Jarque e Bera (1980), Ljung e Box (1978) e ARCH-LM (Engle, 1982), respectivamente¹⁶.

Por fim, para determinar o modelo que apresenta melhor desempenho nas previsões, recorre-se ao uso de métricas de acurácia, conforme descrito por Morettin e Toloí (2006). Neste trabalho, os critérios de desempenho dos modelos foram a Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE – *Root Mean Square Error*), o Erro Percentual Médio Absoluto (MAPE – *Mean Absolute Percentage Error*) e Erro Médio Absoluto (MAE – *Mean Absolute Error*)¹⁷. Desta forma, ao considerar os erros de previsão dos modelos, é possível selecionar aquele com melhor desempenho pela ótica de diferentes métricas.

¹⁵ Se forem necessárias, as dummies serão mantidas no modelo somente se melhorarem os critérios de adequação.

¹⁶ O Apêndice C apresenta informações adicionais sobre os testes realizados.

¹⁷ O Apêndice D apresenta informações adicionais sobre as medidas de desempenho.

3.3.2. ARIMA

Os modelos ARMA (p,q) que integram componentes autorregressivo (AR) e de médias móveis (MA), apresentados originalmente por Box e Pierce (1970), são a modelagem mais básica encontrada na metodologia de séries temporais, mas representam o alicerce para uma diversidade de estudos voltados à construção de modelos para previsões. Formalmente, quando analisamos um processo estocástico ou uma série de tempo $\{Z_t, t \in Z\}$, podemos expressar um modelo ARMA (p,q) da seguinte forma:

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (11)$$

sendo a_t um ruído branco. Considerando $\phi(B)$ e $\theta(B)$ como os operadores auto-regressivos e de médias móveis, respectivamente, podemos reescrever a equação (11) na sua forma compacta:

$$\phi(B)Z_t = \theta(B)a_t \quad (12)$$

Tais modelos trabalham apenas com séries temporais originalmente estacionárias. Contudo, como mencionado anteriormente, algumas séries são não estacionárias. Ao diferenciar uma série d vezes para torna-la estacionária e aplicando-lhe o modelo ARMA (p,q) , tem-se o que se conhece como processo autorregressivo integrado de médias móveis (ARIMA).

O modelo ARIMA (p,d,q) é decomposto em três termos, sendo p o parâmetro que denota os termos autorregressivos, ou seja, a influência da variável dependente nos termos passados, como uma variável explicativa; o parâmetro d , que representa o número de vezes no qual o modelo deverá ser diferenciado até se tornar estacionário; e o parâmetro q , que representa o número total de termos de média móvel (Gujarati; Porter, 2011). Formalmente, o modelo ARIMA, em sua forma geral, é especificado como:

$$\phi(B)w_t = \theta(B)a_t \quad (13)$$

em que:

$$w_t = (1 - B)^d Z_t = \nabla^d Z_t \quad (14)$$

e B e d são o operador de defasagens e a ordem de diferenciação da série, respectivamente.

3.3.3. SARIMA

Determinadas séries temporais podem exibir comportamentos sazonais, ou seja, demonstrar um padrão que se repete em intervalos regulares de tempo. Para esses casos, os modelos SARIMA $(p,d,q)(P,D,Q)$ (SAR) (ou modelos ARIMA multiplicativos), que são uma extensão dos modelos ARIMA e seguem premissas semelhantes, permitem fazer previsões ao considerar tanto os componentes não sazonais, quanto as variações repetitivas que acontecem nesses intervalos regulares de tempo. De acordo com Box e Jenkins (1970), essa classe de modelos pode ser representada da seguinte maneira:

$$\phi(B)\Phi(B^s)(1-B)^d(1-B^s)^D Z_t = \theta(B)\theta(B^s) a_t \quad (15)$$

onde

1. $\phi(B)$ é o operador autorregressivo AR de ordem p ;
2. $\Phi(B^s)$ é o operador autorregressivo sazonal de ordem P ;
3. $(1-B)^d$ é o processo de integração de ordem d ;
4. $(1-B^s)^D$ é o operador de diferença sazonal de ordem D ;
5. $\theta(B)$ é o operador de médias móveis MA de ordem q ;
6. $\theta(B^s)$ é o operador de médias móveis sazonal de ordem Q ;
7. a_t é um ruído branco.

Em algumas situações, quando se integram variáveis explicativas ou covariáveis em um modelo SARIMA, tem-se o modelo SARIMAX (ou ARIMAX sazonal). Como variável explicativa, pode-se utilizar qualquer fator que se acredite ter influência sobre a série temporal em questão, ou então segmentar os dados em diferentes períodos. Nesses casos, conforme apresentado por Yang, Huang e Huang (1996) e Huang, Huang e Wang (2005), a formulação (15) se transforma em:

$$\phi(B)\Phi(B^s)(1-B)^d(1-B^s)^D Z_t = \psi(B)X_t + \theta(B)\theta(B^s) a_t \quad (16)$$

em que $\psi(B)X_t$ representa o efeito das defasagens da covariável X_t sobre a série Z_t .

3.3.4. Modelos não lineares

Os modelos lineares¹⁸ do tipo ARIMA não são adequados para descrever séries que exibem uma variância que não permanece constante ao longo do tempo (Morettin; Tolo, 2006). Nesses casos, existem métodos paramétricos específicos que buscam estimar a variabilidade dos dados em diferentes intervalos temporais, conhecidos como modelos não-lineares. Dois desses métodos amplamente utilizados são os modelos ARCH (AutoRegressive Conditional Heterocedasticity) e GARCH (Generalized AutoRegressive Conditional Heterocedasticity).

A classe de modelos ARCH, introduzida por Engle (1982), tem inspiração nos modelos ARMA. No entanto, em contraste com o ARMA, a principal característica dos modelos ARCH é a capacidade de modelar a variância (σ^2) da série com base nas observações passadas. Uma abordagem comumente adotada para modelar a variância condicional é pressupor que ela seja dependente dos quadrados dos erros passados, por meio de uma auto regressão definida como:

$$\varepsilon_t = \sqrt{c + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \dots + \alpha_p \varepsilon_{t-p}^2} \quad (17)$$

de tal forma que a variância condicional (σ_t^2) é determinada pela expectativa da soma dos termos do erro ao quadrado ε_t^2 dado o conjunto de informações disponíveis até o tempo I_{t-1} , que será modelada como:

$$\sigma_t^2 = E[\varepsilon_t^2 | I_{t-1}] = c + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \dots + \alpha_p \varepsilon_{t-p}^2 \quad (18)$$

e nessas circunstâncias, diz-se que a variância segue um processo auto regressivo condicionalmente heteroscedástico, conhecido como modelo ARCH (p) (Engle, 1982). A modelagem desse processo segue os passos detalhados na seção 3.3.1, levando em consideração algumas peculiaridades específicas.

Os modelos GARCH, propostos por Bollerslev (1986), são uma generalização dos modelos ARCH. Nos casos em que a especificação (p) de um modelo ARCH é muito alta, um modelo GARCH (p, q) pode ser utilizado para descrever a volatilidade com menos parâmetros,

¹⁸ Como pressupostos de um Modelo Linear, temos que os resíduos são variáveis aleatórias independentes, não correlacionadas, com média zero e variância constante (homocedasticidade).

o que torna o modelo mais parcimonioso e eficiente para lidar com períodos de alta volatilidade. Um modelo GARCH pode ser expresso pela seguinte equação:

$$Z_t = \sqrt{h_t} \varepsilon_t \quad (19)$$

sendo

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i Z_{t-1}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j h_{t-j}^2 \quad (20)$$

em que $\varepsilon_t \sim IID(0,1)$, $\alpha_0 > 1$, $\alpha_i \geq 0$ e $\beta_j \geq 0$ são constantes com a condição:

$$\sum_{i=1}^p \alpha_i + \sum_{j=1}^q \beta_j > 1 \quad (21)$$

e ε_t é independente de Z_{t-k} , $k \geq 1$.

3.3.5. Modelagem híbrida ARIMA-GARCH

O procedimento de modelagem híbrida é conduzido em duas etapas. Inicialmente, o melhor dos modelos ARIMA é usado para modelar os dados lineares da série temporal, cujos resíduos apresentam componentes não-lineares. Posteriormente, o GARCH é usado para modelar os padrões não lineares do componente de erro do modelo ARIMA escolhido. Este procedimento que combina um modelo ARIMA com componentes de erro GARCH é conhecido como modelo híbrido ARIMA-GARCH (Yaziz *et al.*, 2013). Durante esse procedimento, é postulado que o termo de erro ε_t segue um processo GARCH, para qual é essencial que os resíduos tenham previamente passado pelo teste ARCH-LM, que verifica a presença de heteroscedasticidade residual. A metodologia deste procedimento é resumida na Figura 4:

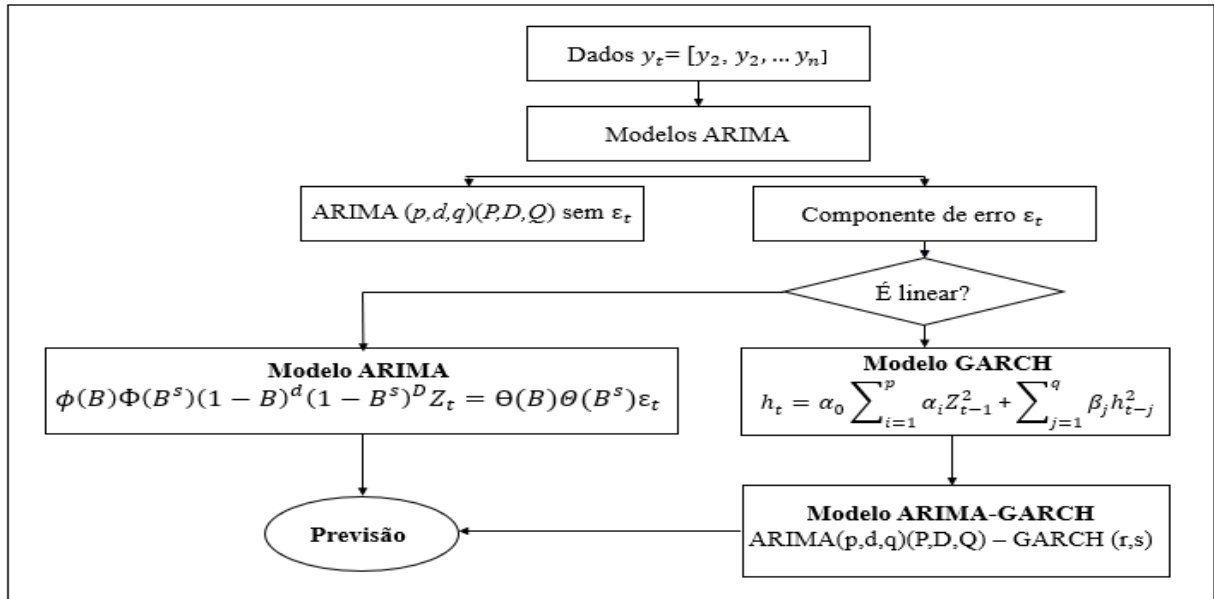


Figura 4. Etapas do procedimento híbrido ARIMA-GARCH.

Fonte: Adaptado de Yaziz et al. (2013).

3.3.6. Base de dados e pré-tratamento

Para desenvolver os modelos de previsão, utilizou-se dados da série mensal de prêmio direto do seguro florestal, obtidos do Sistema de Estatísticas da Superintendência de Seguros Privados (SUSEP). Para garantir uma análise mais precisa, esses dados foram deflacionados pelo Índice Geral de Preços (IGP) da Fundação Getúlio Vargas (FGV). A periodicidade dos dados é mensal e abrange o intervalo de tempo entre janeiro de 2007 a junho de 2023, e todos os valores foram ajustados para os preços correspondentes a abril de 2023, conforme apresentados na Figura 5.

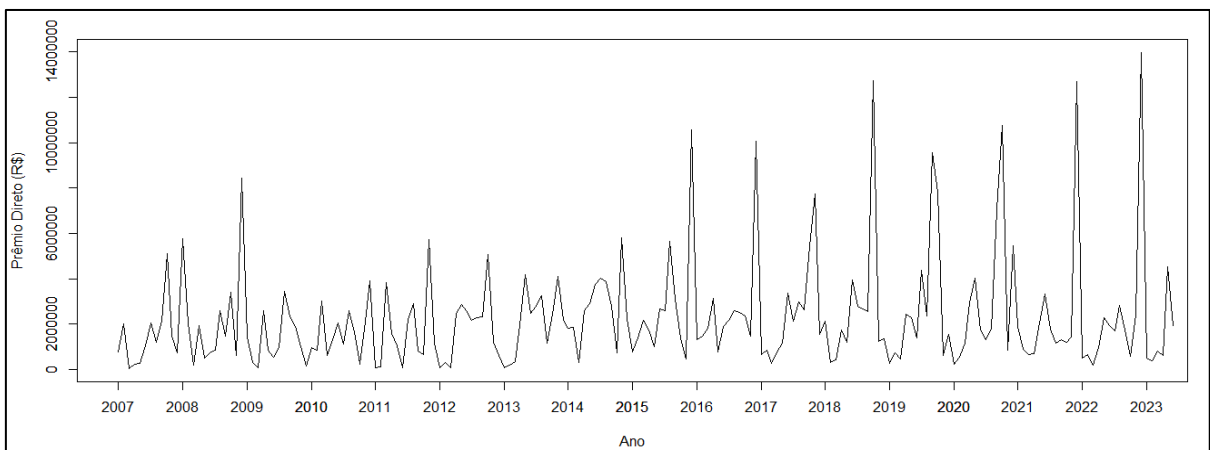


Figura 5. Volume de Prêmio Direto no Brasil, em milhões (R\$), entre o período de janeiro de 2007 a junho de 2023.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da SUSEP (2023).

Adicionalmente, no contexto deste estudo, foi incorporada uma variável mensal resultante da desagregação da série de subvenção anual do seguro florestal, extraída do Atlas do Seguro Rural, do MAPA. Este procedimento se assemelha ao realizado por Mota, Ozaki e Miquelluti (2021) na projeção do prêmio do seguro agrícola. O autor afirma que, a desagregação, embora não represente de fato o padrão mensal, consegue capturar o nível representativo de cada ano, podendo ser um elemento importante para analisar o volume de prêmio, visto que variações nos níveis de subvenção podem impactar no prêmio arrecadado.

Os métodos de desagregação temporal são empregados para decompor séries temporais de baixa frequência em séries de alta frequência. Formalmente, a partir de uma série conhecida Z_t , de frequência l , busca-se obter uma série desconhecida \hat{Z}_t , de frequência h , onde $h > l$. A abordagem metodológica segue o modelo delineado por Sax e Steiner (2013), que foi introduzido inicialmente por Denton (1971). A Figura 6 ilustra a aproximação do comportamento mensal resultante da aplicação do método de desagregação sobre os dados de subvenção anual do seguro florestal no período de 2007 a 2023.

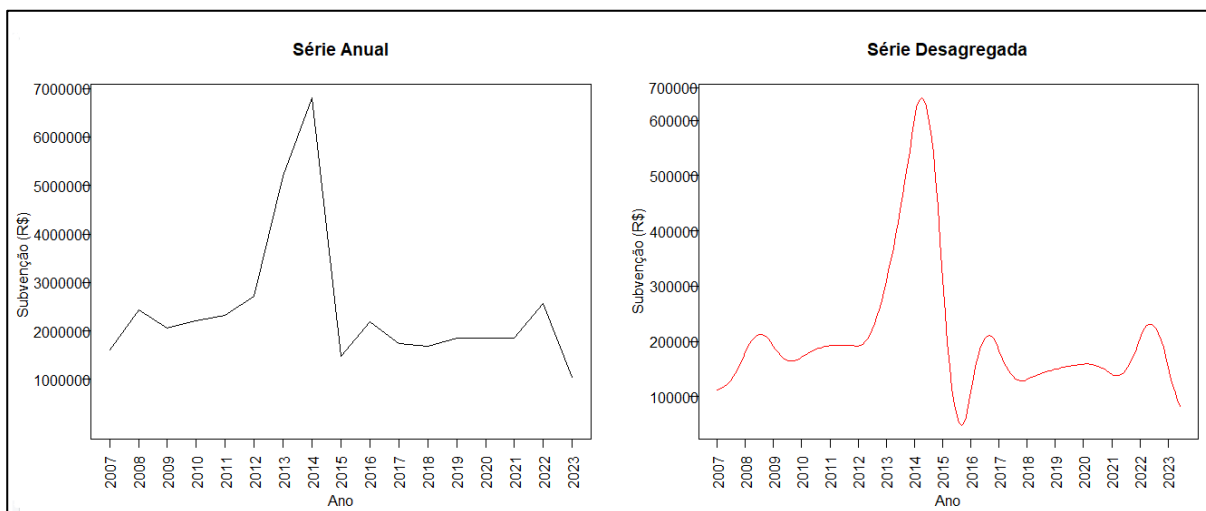


Figura 6. Série de subvenção anual e série de subvenção desagregada do seguro florestal, para o período de 2007 a 2023.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados fornecidos pelo *software* R e adaptado de Mota, Ozaki e Miquelluti (2021).

Adicionalmente, destaca-se que o procedimento de previsão consistiu em duas etapas distintas. Primeiro, os dados foram ajustados considerando o período entre janeiro de 2007 e junho de 2022, com o propósito de gerar previsões “dentro da amostra” para o intervalo de julho de 2022 a junho de 2023, comparando-as com os respectivos valores observados e obtendo as métricas de desempenho. Na segunda etapa, uma vez identificado o modelo com melhor desempenho na previsão “dentro da amostra”, foram incorporados novamente na série

os valores observados de julho de 2022 a junho de 2023. Logo, o modelo foi reestimado considerando um horizonte de previsão “fora da amostra” de 18 períodos a frente, abrangendo o período de julho de 2023 a dezembro de 2024, que representa a conclusão do período do Plano Trienal do Seguro Rural em vigor.

3.4. Resultados e Discussões

Inicialmente, investigou-se a eventualidade de transformações na série original. Para o teste de variabilidade, a série foi subdividida em 16 amostras, cada uma contendo 12 observações ($N = 192/12 = 16$), e foram calculadas as médias e amplitudes individuais. Observou-se em geral, que as amostras com médias mais elevadas também apresentavam as maiores amplitudes¹⁹, conforme a Figura 7. Diante disso, optou-se pela aplicação da transformação logarítmica. Para assegurar a consistência na escala das séries, a mesma transformação foi aplicada à variável regressora de subvenção.

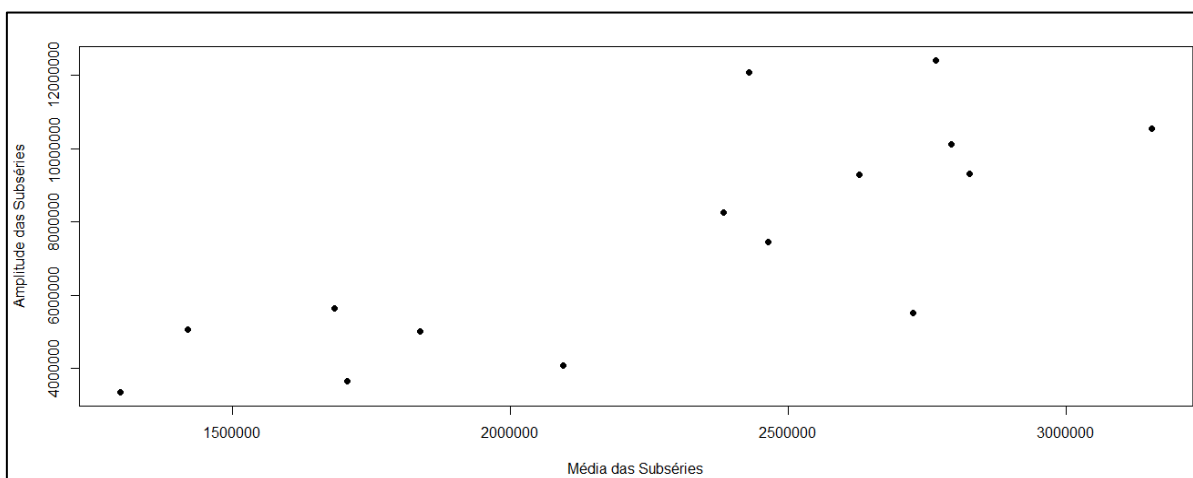


Figura 7. Gráfico da verificação da variabilidade.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados fornecidos pelo *software* R.

Após essa etapa, foram analisados os gráficos da FAC e da FACP para determinar a estacionariedade da série e estabelecer o modelo preliminar a ser avaliado. Observa-se, pela Figura 8, que os coeficientes dos correlogramas da FAC e FACP diminuem rapidamente até atingirem zero e não exibem um padrão semelhante ao de uma onda senoidal atenuada, mostrando os primeiros indícios de estacionariedade na série. Contudo, foram identificados

¹⁹ Os resultados do teste de variabilidade foram reforçados pelo cálculo do coeficiente de variação das séries, o qual está detalhado no Apêndice E.

coeficientes estatisticamente significantes em defasagens próximas de múltiplos de 12, sugerindo um padrão sazonal.

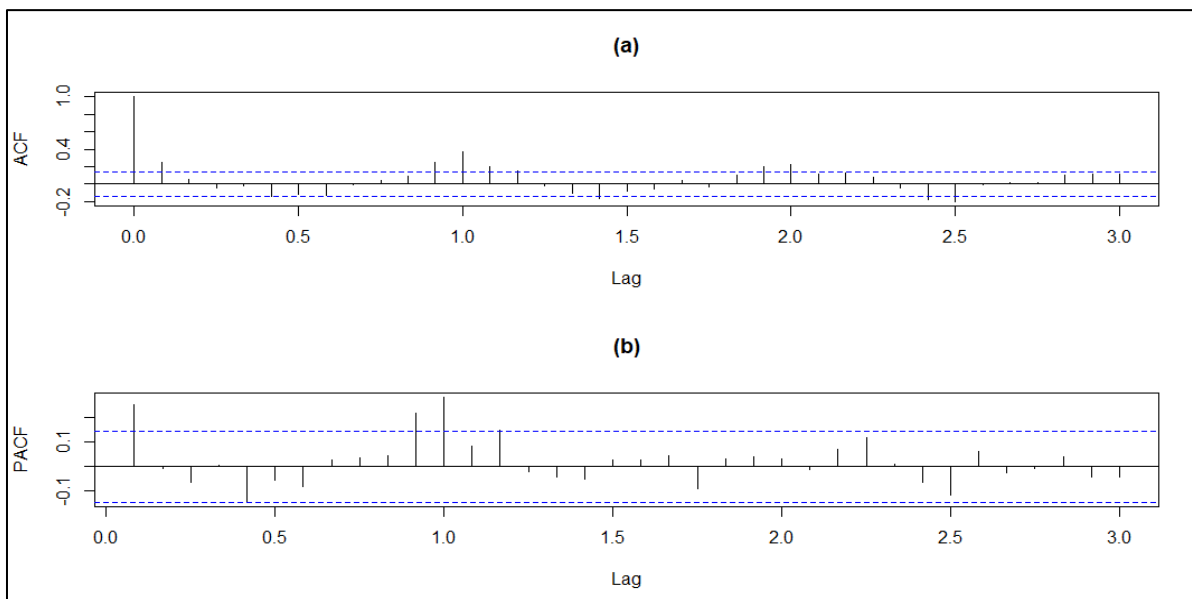


Figura 8. FAC e FACP da série em log.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados fornecidos pelo *software* R.

Em sequência, considerando a subjetividade das representações gráficas, procedeu-se à avaliação do teste de estacionariedade, conforme demonstrado na Tabela 9. A partir do teste Dickey-Fuller de raiz unitária, utilizando suas três especificações (“incluindo constante e tendência, só com constante e sem qualquer termo determinístico”), rejeitou-se a hipótese de presença de raiz unitária em todas as especificações, indicando que a série é estacionária em nível e que a estacionariedade independe da inclusão de termos determinísticos a pelo menos 5% de significância estatística.

Tabela 9. Resultados do teste Dickey-Fuller de raiz unitária para a série em log.

Modelo	Hipótese	Teste estatístico	Valores críticos	Valor do teste
	$\gamma = 0$	τ_t	-3.99 e -3.43	-8.66
$\Delta y_t = a_0 + \gamma y_{t-1} + a_2 t + \varepsilon_t$	$\gamma = a_2 = 0$	ϕ_2	6.22 e 4.75	25.04
	$a_0 = \gamma = a_2$	ϕ_3	8.43 e 6.49	37.56
$\Delta y_t = a_0 + \gamma y_{t-1} + \varepsilon_t$	$\gamma = 0$	τ_u	-3.46 e -2.88	-8.30
	$a_0 = \gamma = 0$	ϕ_1	6.52 e 4.63	35.44
$\Delta y_t = \gamma y_{t-1} + \varepsilon_t$	$\gamma = 0$	τ	-2.58 e -1.95	-3.53

Fonte: Elaboração própria com base em Enders (2010) e nos dados fornecidos pelo *software* R.

Nota: Os valores críticos correspondem a 1% e 5% de significância, respectivamente.

O teste Zivot Andrews (ZA) identificou uma possível quebra no período 75, precisamente para o período de março de 2013. No entanto, a significância estatística dos parâmetros do teste sugere que não houve mudanças na tendência ou intercepto²⁰. O teste HEGY, seguindo o procedimento de Hylleberg (1990), foi aplicado à série em nível. Os resultados indicam a presença de raiz unitária sazonal para a frequência anual (frequência 0, parâmetro π_1). Isso sugere a introdução de diferenciação sazonal da série. Para os demais parâmetros, que correspondem a frequência bianual (π_2) e movimentos cíclicos mensais ($F_{\pi_3\pi_4}$, $F_{\pi_5\pi_6}$, $F_{\pi_7\pi_8}$, $F_{\pi_9\pi_{10}}$ e $F_{\pi_{11}\pi_{12}}$), as estatísticas F rejeitam a presença de raiz unitária sazonal, conforme apresentado na Tabela 10.

Tabela 10. Resultados do teste HEGY de raiz unitária sazonal.

Frequência						
0	π	$\pi/2$	$2\pi/3$	$\pi/3$	$3\pi/6$	$\pi/6$
Parâmetros						
π_1	π_2	$F_{\pi_3\pi_4}$	$F_{\pi_5\pi_6}$	$F_{\pi_7\pi_8}$	$F_{\pi_9\pi_{10}}$	$F_{\pi_{11}\pi_{12}}$
Resultados						
-2.50	-3.91	10.81	8.59	9.00	8.61	15.25
(0.09)	(0.01)	(0.01)	(0.01)	(0.01)	(0.01)	(0.01)

Fonte: Elaboração própria com base nos dados fornecidos pelo *software* R.

Nota: Os números entre parênteses indicam os valores de significância (valor-p).

Adotando o princípio estatístico da parcimônia, optou-se por ajustar modelos com um número reduzido de parâmetros. Com base nas informações preliminares obtidas no processo de identificação, foram ajustadas todas as combinações possíveis, limitadas a $p=P=2$, $q=Q=2$, $d=0$ e $D=1=0$, considerando a presença ou ausência da variável regressora. Isso resultou em um total de 324 especificações distintas. Para todos os modelos, foram realizados os seguintes testes: i) significância dos parâmetros; ii) autocorrelação residual (teste Ljung-Box); iii) normalidade dos resíduos (teste Jarque-Bera); e iv) heteroscedasticidade dos resíduos (teste Arch-LM).

No processo de filtragem para a identificação do modelo mais adequado, foram selecionados inicialmente os modelos que exibiram todos os parâmetros relevantes a um nível de significância de 10% e ausência de autocorrelação residual. Destes, foram selecionados os quatro modelos com os menores valores do Critério de Informação de Akaike (AIC). Apesar da ausência de autocorrelação dos resíduos, os modelos com menor AIC não obtiveram uma

²⁰ O resultado do teste Zivot-Andrews (ZA) está apresentado no Apêndice E.

avaliação positiva em relação à normalidade. Os resultados dos coeficientes e testes estão resumidos na Tabela 11.

Tabela 11. Resultado da estimação dos parâmetros dos modelos SARIMA escolhidos.

Parâmetros	Modelos SARIMA (p,d,q) (P,D,Q)			
	(0,0,0) (1,1,1)	(0,0,0) (0,1,1)	(0,0,0) (2,1,0)	(0,0,0) (0,1,2)
ϕ_1	-	-	-	-
θ_1	-	-	-	-
Φ_1	0.2621** (0.0826)		-0.4478*** (0.0769)	
Φ_2	-	-	-0.2066** (0.0793)	-
θ_1	-0.9999*** (0.2343)	-0.7799*** (0.0908)	-	-0.7004*** (0.1125)
θ_2	-	-	-	-0.1974* (0.0879)
Xreg	-	-	-	-
AIC	503.4000	508.2700	525.1500	504.2800
Ljung-Box	37.7020 (0.3913)	42.827 (0.2015)	48.581 (0.0785)	38.0450 (0.3764)
Jarque-Bera	13.9231 (0.0009)	9.3469 (0.0093)	18.0683 (0.0001)	14.0314 (0.0008)
Arch-LM	35.2310 (0.0004)	45.323 (0.0000)	16.1130 (0.1861)	37.4350 (0.0001)

Fonte: Elaboração própria com base nos dados fornecidos pelo *software* R.

Nota: Os valores abaixo dos parâmetros representam o erro-padrão. Os valores abaixo dos testes são o valor-p.

*** Significativo a 1%. ** Significativo a 5%. * Significativo a 10%.

Para os modelos SARIMA (0,0,0)(1,1,1), SARIMA (0,0,0)(0,1,1) e SARIMA (0,0,0)(0,1,2), não foi possível rejeitar a hipótese de presença de heteroscedasticidade residual. Diante disso, prosseguiu-se com a modelagem dos resíduos através da estimação dos modelos não-lineares. Morettin e Toloi (2006) sugerem estimar modelos GARCH com ordens r e s menores ou iguais a dois, de modo que as possíveis ordens são: (1,1), (1,2), (2,1) e (2,2). Adicionalmente, para incorporar os parâmetros não-lineares na análise, é necessário repetir o procedimento de Box-Jenkins, considerando apenas a série residual obtida em cada modelo SARIMA heteroscedástico.

Dessa forma, testou-se todas as combinações para cada resíduo dos modelos SARIMA heteroscedásticos. Para os três modelos, a especificação GARCH (1,1) foi aquela que atendeu aos critérios que garantem a estacionariedade da variância e os menores valores nos critérios de informação AIC²¹. Após a seleção da melhor especificação para cada

²¹ Os resultados da estimação dos parâmetros dos modelos GARCH estão apresentados no Apêndice E.

componente de erro, o próximo passo foi estimar as previsões dentro da amostra considerando tanto o modelo SARIMA homoscedástico quanto os modelos híbridos ARIMA-GARCH. Os resultados das métricas de desempenho estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12. Resultados dos critérios de desempenho dos modelos de previsão.

MODELO	RMSE	MAE	MAPE
SARIMA (0,0,0) (2,1,0)	0.7993	0.6118	0.0065
SARIMA (0,0,0) (1,1,1) - GARCH (1, 1)	0.7494	0.6124	0.0072
SARIMA (0,0,0) (0,1,1) - GARCH (1, 1)	0.8474	0.6866	0.0080
SARIMA (0,0,0) (0,1,2) - GARCH (1, 1)	0.7534	0.6128	0.0071

Fonte: Elaboração própria com base nos dados fornecidos pelo *software R*.

Para a previsão dentro da amostra (julho de 2022 a junho de 2023), o modelo SARIMA (0,0,0)(1,1,1) – GARCH (1,1) apresentou o melhor desempenho em termos de Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE). No entanto, seu desempenho preditivo fora da amostra não foi satisfatório. Em contrapartida, o modelo SARIMA (0,0,0)(2,1,0) sem variável regressora demonstrou a melhor performance em relação ao Erro Médio Absoluto (MAE) e ao Erro Percentual Médio Absoluto (MAPE). Logo, utilizou-se esse modelo para projetar o volume de prêmio dos últimos 6 meses de 2023 e o ano de 2024, que representam a conclusão do plano trienal em vigor. Em seguida, aplicou-se a função exponencial nas previsões para restaurar a composição original da série. Os resultados estão expostos na Tabela 13.

Tabela 13. Previsões e intervalo de confiança com o modelo SARIMA (0,0,0) (2,1,0).

Mês/Ano	5%	Previsão	95%
Julho/2023	207146	1636360.7	12926479
Agosto/2023	267176	2110568.5	16672497
Setembro/2023	272144	2149812.3	16982505
Outubro/2023	153651	1213777.4	9588270
Novembro/2023	219062	1730491.3	13670066
Dezembro/2023	1438446	11363052.3	89762761
Janeiro/2024	84520	667673.2	5274303
Fevereiro/2024	63407	500890.3	3956797
Março/2024	71253	562870.4	4446411
Abril/2024	87587	691897.5	5465665
Mai/2024	420793	3324073.4	26258614
Junho/2024	274348	2167223.9	17120048
Julho/2024	155217	1682113.5	18229276
Agosto/2024	185057	2005486.0	21733705
Setembro/2024	171102	1854255.3	20094798
Outubro/2024	94204	1020910.9	11063740
Novembro/2024	165857	1797416.8	19478833
Dezembro/2024	1124277	12183941.5	132038908

Fonte: Elaboração própria com base nos dados fornecidos pelo *software* R.

No contexto anual, a soma do montante total de prêmio observado entre janeiro e junho, juntamente com as projeções para o período de julho a dezembro de 2023, resulta em um total acumulado de R\$29.643.967 em prêmios direto. Adicionalmente, as previsões para o ano de 2024 indicam um montante estimado de R\$28.458.753 em prêmio direto. Ao prever a demanda potencial do mercado, o governo, por meio do Comitê Gestor Interministerial do Seguro Rural (CGSR), pode melhorar os critérios de discussão sobre a distribuição de recursos para a subvenção do seguro florestal.

Considerando que o percentual médio de subvenção dos últimos cinco anos é de aproximadamente 30%, conforme apresentado na seção 3.2.1, o volume total de subvenção necessário para atender 100% da demanda por seguro florestal no Brasil em 2023 e 2024 seria de aproximadamente R\$8.893.190 e R\$8.537.626, respectivamente. Além disso, considerando que somente cerca de 20% do total do volume de prêmio recebeu cobertura do PSR nos últimos cinco anos, a previsão de aporte de recursos orçamentários, suficientes para atender a demanda por seguro no PSR em 2023 e 2024, seria de aproximadamente R\$1.778.638 e R\$1.707.525, respectivamente.

Assim, verifica-se uma capacidade ociosa no mercado de seguro florestal que requer aporte de recursos através de subvenção. Além disso, uma vez que o seguro florestal representa uma fração pequena dos recursos do PSR e considerando a diretriz de universalizar o acesso ao seguro rural, é racional pensar que um aumento de recursos de subvenção poderia

impulsionar a sua massificação, beneficiando um maior número de produtores e elevando a proporção de áreas cultivadas seguradas. Adicionalmente, a médio e longo prazo, tal aumento nos recursos de subvenção poderia resultar em benefícios financeiros para as seguradoras, ao incentivar que mais produtores busquem por esse instrumento.

3.5. Conclusões

O PSR tem um papel fundamental na redução dos riscos enfrentados pelos agricultores e na redução dos custos associados ao seguro rural, tornando-o mais acessível. Entretanto, como destacado por estudos anteriores e pelo Tribunal de Contas da União (TCU), o programa enfrenta desafios operacionais e de gestão. Um dos pontos críticos é a alocação dos recursos entre as diferentes modalidades de seguro rural. Atualmente, essa distribuição é determinada pelo CGSR, mas a falta de critérios técnicos bem definidos costuma comprometer a alocação eficiente dos recursos.

Os recursos destinados ao seguro florestal nos últimos anos evidenciam esses desafios. Em 2020, de forma significativa, os recursos previstos foram superiores aos gastos efetivos, enquanto que em 2021 e 2022, a demanda por subvenção ultrapassou os recursos disponibilizados pelo governo. Essa discrepância revela uma desconexão entre as projeções orçamentárias e as reais necessidades do mercado. Além disso, é relevante ressaltar que, quase uma década após a auditoria do TCU, a qual ofereceu recomendações para aprimoramentos do programa, persistem algumas das mesmas incertezas e fragilidades.

Levando em consideração essas informações, uma contribuição ao debate trazida por esta pesquisa foi propor uma metodologia estatística válida para discutir o montante de recursos ideal para atender a demanda por subvenção no mercado de seguros florestais. Para isso, foram testados modelos autorregressivos integrado e de média móvel (ARIMA), e suas variações, com sazonalidade (SARIMA), com sazonalidade e variáveis regressoras (SARIMAX), modelos não lineares (ARCH e GARCH) e modelos híbridos (ARIMA-GARCH).

Para a elaboração dos modelos de previsão, foram utilizados dados da série mensal de prêmio direto do seguro florestal, obtidos junto à SUSEP. Adicionalmente, foi incorporada uma variável mensal resultante da desagregação da série de subvenção anual do seguro florestal. O modelo SARIMA (0,0,0) (2,1,0) demonstrou o melhor desempenho conforme os critérios pré-estabelecidos. Assim, esse modelo foi empregado para projetar o volume de

prêmio para os últimos 6 meses de 2023 e para todo o ano de 2024, o que corresponde ao término do plano trienal em vigor.

Os resultados deste estudo oferecem ao governo, por meio do CGSR e das diretrizes do PTSR, a oportunidade de aprimorar os critérios relativos à alocação de recursos para discutir o montante de subvenção destinado para a modalidade do seguro de florestas. Adicionalmente, considerando que o seguro florestal representa uma fração pequena dos recursos do PSR, cabe ao governo adotar medidas para incentivar que uma parcela maior do volume de prêmio receba aporte do PSR, especialmente diante do fato de que nos últimos anos, uma parcela significativa da demanda por seguro florestal não recebeu cobertura do governo.

Por fim, sugere-se a utilização de métodos de predição alternativos, como redes neurais e *wavelet*, visando melhorar os resultados desta pesquisa. Além disso, embora seja um critério estatístico válido, é importante reconhecer as limitações relacionadas aos modelos de previsão como forma de discutir o orçamento do PSR. Ao pressupor a simplicidade de que a subvenção é um percentual fixo do prêmio, assume-se uma relação linear e constante ao longo do tempo entre essas duas variáveis, o que nem sempre é verificável na prática. Portanto, para futuras pesquisas, sugere-se também a adoção de abordagens atuariais que possam desenvolver indicadores que levem em consideração a dinâmica da relação entre subvenção e prêmio.

Referências

- ADAMI, A.; OZAKI, V. Modelagem estatística dos prêmios do seguro rural. **Revista de Política Agrícola**, v. 21, n. 1, p. 60-75, 2012.
- AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **Ieee Transactions On Automatic Control**, [S.L.], v. 19, n. 6, p. 716-723, dez. 1974
- BOLLERSLEV, T. Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. **Journal of econometrics**, v. 31, n. 3, p. 307-327, 1 abr. 1986.
- BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. **Time Series Analysis: forecasting and control**. São Francisco: Holden-Day, 1970.

BOX, G. E. P.; PIERCE, D. A. Distribution of residual autocorrelations in autoregressive-integrated moving average time series models. **Journal of the American statistical Association**, v. 65, n. 332, p. 1509-1526, 1 dez. 1970.

BRASIL. Leis, decretos, portarias etc. Lei n° 10.823, de 19 de dezembro de 2003. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/110.823.htm> Acesso em: 02 ago. 2023.

BRASIL. Leis, decretos, portarias etc. Decreto n° 5.121, de 29 de junho de 2004. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5121.htm> Acesso em: 02 ago. 2023.

BRASIL. **Auditoria operacional para avaliação da eficácia do Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural**. (TC n° 039.811/2012-3). [s.l.]: Secex Ambiental/TCU, 2013.

BRASIL. Leis, decretos, portarias etc. Resolução CGSR n° 83, de 22 de junho de 2020. Disponível em: < <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-n-74-de-22-de-junho-de-2020-262969594>> Acesso em: 02 ago. 2023.

BRASIL. Leis, decretos, portarias etc. Resolução CGSR n° 83, de 22 de junho de 2021. Disponível em: < <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=23/06/2021&jornal=515&pagina=5>> Acesso em: 02 ago. 2023.

BRASIL. Leis, decretos, portarias etc. Resolução CGSR n° 83, de 27 de maio de 2021. Disponível em: < <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=31/05/2021&jornal=515&pagina=22&totalArquivos=259>> Acesso em: 02 ago. 2023.

BRASIL. Leis, decretos, portarias etc. Resolução CGSR n° 83, de 13 de maio de 2022. Disponível em: < <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=17/05/2022&jornal=515&pagina=3>> Acesso em: 02 ago. 2023.

BRASIL. Leis, decretos, portarias etc. Resolução CGSR nº 83, de 14 de abril de 2023.

Disponível em:

<<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=18/04/2023&jornal=515&pagina=19&totalArquivos=214>> Acesso em: 02 ago. 2023.

DENTON, F. **Adjustment of Monthly or Quarterly Series to Annual Totals: An Approach Based on Quadratic Minimization.** Journal of the American Statistical Association, Vol. 66, n. 333, 1971.

DICKEY, D.A.; A FULLER, W.. Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series With a Unit Root. **Journal Of The American Statistical Association**, S. L., v. 74, n. 366, p. 427-431, jun. 1979.

DINIZ, A. S. **Modelos de previsão para o preço do açúcar cristal no mercado brasileiro.** 2023. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ciências (Economia Aplicada), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2023.

ENDERS, W. **Applied Econometric Time Series.** 3. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2010.

ENGLE, R. F. A general approach to Lagrange multiplier model diagnostics. **Journal of Econometrics**, v. 20, n. 1, p. 83-104, 1982.

ENGLE, R.F. Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of Unites Kingdom Inflation. **Econometrica**, v. 50, n.4, p. 987-1007, 1982.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D.C. **Econometria básica – 5.** Ed. [s.l.] AMGH Editora, 2011.

HUANG, C.; HUANG, C.; WANG, M. **A Particle Swarm Optimization to Identifying the ARMAX Model for Short-Term Load Forecasting.** IEEE Transactions on Power System, vol. 20, n. 2, 2005.

HYLLERBERG, S. ENGLE, R.F.; GRANGER, C.W.J.; YOO, B.s.. Seasonal integration and cointegration. **Journal Of Econometrics**, [S.L.], v. 44, n. 1-2, p. 215-238, abr. 1990.

JARQUE, C. M.; BERA, A. K. Efficient tests for normality, homoscedasticity and serial independence of regression residuals. **Economics Letters**, [S.L.], v. 6, n. 3, p. 255-259, jan. 1980.

- LJUNG, G. M.; BOX, G. E. P. On a measure of lack of fit in time series models. **Biometrika**, [S.L.], v. 65, n. 2, p. 297-303, 1 ago. 1978.
- MACEDO, L. O. B.; PACHECO, A. B.; SANTO, E. S. DO E. A evolução do Programa de Subvenção do Prêmio do Seguro Rural: uma avaliação do período 2006-10. **Indicadores Econômicos FEE**, v.40, n.4, 24 jun. 2013.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Atlas do Seguro Rural, 2023. Disponível em <<https://indicadores.agricultura.gov.br/atlasdoseguro/index.htm>>. Acesso em: 13 de mai. 2023.
- MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de Séries Temporais**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2006.
- MOTA, A. A. L. **Previsão de prêmio e a ocorrência de sinistros no mercado de seguro agrícola brasileiro**. 2019. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ciências (Economia Aplicada), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2019.
- MOTA, A. A. L.; OZAKI, V.; MIQUELLUTI, D. L. Métodos de previsão de prêmios para o Seguro Agrícola e destinação de recursos públicos ao Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 60, p. e249013, 1 nov. 2021.
- OZAKI, V. A. Em busca de um novo paradigma para o seguro rural no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 46, p. 97-119, mar. 2008.
- OZAKI, V. A. Qual o custo governamental do seguro agrícola? **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.51, p.123-136, mar. 2013.
- SANTOS, G. R. DOS; SOUSA, A. G. DE; ALVARENGA, G. V. Seguro agrícola no Brasil e o desenvolvimento do Programa de Subvenção ao Prêmio. Brasília: **Ipea**, dez. 2013.
- SANTOS, G. R. DOS; SILVA, F. C. DA. Dez anos do Programa de Subvenção ao Prêmio de Seguro Agrícola: proposta de índice técnico para análise do gasto público e ampliação do seguro. IPEA, abr. 2017.

SAX, C.; STEINER, P. **Temporal Disaggregation of Time Series**. The R Journal, Vol. 5/2, 2013.

SUPERINTENDENCIA DE SEGUROS PRIVADOS. **Dados de prêmio do seguro florestal**.

Disponível em: < <https://www2.susep.gov.br/menuestatistica/SES/principal.aspx>>. Acesso em: 07 mai. 2023.

VANDAELE, W. **Applied Time Series and Box-Jenkins Models**. Nova Iorque: Academic Press, 1983.

WEDEKIN, I; Política Agrícola no Brasil: o agronegócio na perspectiva global. 1. ed. São Paulo: **WDK Agronegócio**, 2019. 356 p.

YANG, H.; HUANG, C.; HUANG, C. Identification of ARMAX Model for Short Term Load Forecasting: an evolutionary programming approach. **IEEE Transactions on Power Systems**, Vol. 11, 1996.

YAZIS, S. R.; AZINAN, N.A.; ZAKARIA, R.; AHMAD, M.H. The performance of hybrid ARIMA-GARCH modeling in forecasting gold price. **20th International Congress on Modelling and Simulation**. Adelaide, Australia, 1-6 December 2013.

ZIVOT, E.; ANDREWS, D.W.K. Further Evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock, and the Unit-Root Hypothesis. **Journal of Business & Economic Statistics**, v. 10, n. 3, p. 251-270, 1992.

4. CONCLUSÃO

O setor florestal no Brasil apresenta um desempenho econômico considerável. Entretanto, como em qualquer processo produtivo, está sujeito a uma variedade de riscos e incertezas. Nesse contexto, o seguro florestal surge como uma estratégia promissora para auxiliar os produtores a enfrentar dificuldades financeiras decorrentes de eventos adversos. No entanto, é importante destacar que, no cenário brasileiro, o seguro florestal ainda se encontra em uma fase inicial de desenvolvimento, e a disponibilidade de literatura científica sobre o tema é limitada, o que justificou a realização deste estudo.

Destaca-se que o fortalecimento das práticas de manejo florestal diante das mudanças climáticas é uma das vantagens do seguro florestal. As medidas de restauração proporcionadas por esse instrumento têm impacto positivo na sociedade, promovendo serviços ecossistêmicos, permitindo estabilidade de produção e preços e gerando externalidades positivas. Por outro lado, em geral, esse tipo de seguro se depara com alguns obstáculos, como prêmios elevados, riscos sistêmicos, escassez de dados e falta de incentivo governamental.

No contexto brasileiro, o seguro de florestas é uma das modalidades de seguro rural vinculada ao PSR. Entretanto, a participação do seguro florestal nesse programa tem sido limitada, visto que esta modalidade representa uma fração pequena dos recursos totais. Além disso, uma parcela considerável do prêmio arrecadado no mercado não recebeu aporte de subvenção nos últimos anos, evidenciando que as estimativas dos recursos públicos não estão alinhadas com as necessidades do mercado. Dessa forma, diante da relevância desse instrumento como ferramenta de gestão de riscos, somados aos desafios específicos da silvicultura, é importante que o governo adote medidas de incentivo.

Algumas questões pertinentes abordadas por este estudo foram: i) O que a literatura econômica diz sobre o seguro florestal como ferramenta na gestão de riscos? ii) Como se desenvolveu e qual o atual panorama de comercialização do seguro florestal no Brasil? iii) Quais os principais aspectos contratuais desse instrumento? iv) Quais os principais elementos de operacionalização do PSR? v) Qual seria o volume de subvenção necessário para subvencionar 100% da demanda por seguro florestal no Brasil e quais as implicações disso para a discussão sobre os recursos de subvenção que devem ser atribuídos à modalidade do seguro florestal dentro do PSR?

Por fim, espera-se que essa pesquisa seja um ponto de partida para futuras investigações. Algumas questões relevantes que ainda se colocam são: i) A ocorrência de

danos na produção florestal, mensurados pelos sinistros do mercado de seguro, está correlacionada com padrões de semelhança geográfica? Ou seja, o risco sistêmico está diretamente ligado à presença de autocorrelação espacial? Como isso impacta a distribuição ideal de apólices e recursos de subvenção? ii) Qual é o impacto da subvenção econômica do governo na extensão total de área plantada, valor segurado, receita de prêmio e número de beneficiário no PSR? Em outras palavras, a ajuda financeira do governo está de fato incentivando o desenvolvimento do mercado de seguros e a produção florestal?

APÊNDICES**APÊNDICE A. Modalidades de seguro rural e atividades elegíveis no PSR (2022-2024).**

Modalidades de Seguro	Atividades Elegíveis
Agrícola	“Qualquer atividade enquadrada nesta modalidade, com exceção da cultura do fumo.”
Pecuário	“Aves, bovinos, bubalinos, caprinos, equinos, ovinos e suínos.”
Florestas	“Silvicultura.”
Aquícola	“Carcinicultura, maricultura e piscicultura.”

Fonte: Brasil (2021).

APÊNDICE B. Padrões teóricos da FAC e FACP.

Modelo	FAC (ρ_k)	FACP (ϕ_{kk})
AR (p)	“Decaimento exponencial e/ou sinusoidal para zero.”	“Apresenta picos significativos até p defasagens.”
MA (q)	“Apresenta picos significativos até q defasagens.”	“Decaimento exponencial.”
ARMA (p,q)	“Decaimento exponencial.”	“Decaimento exponencial.”

Fonte: Gujarati e Porter (2011).

APÊNDICE C. Informações adicionais sobre os testes realizados.

C.1 Testes para estacionariedade

C.1.1 Teste de Dickey-Fuller

O teste de Dickey-Fuller (DF), proposto por Dickey e Fuller (1979), consiste em identificar a presença de raiz unitária em uma série temporal.

Hipótese nula e hipótese alternativa:

$$H_0: \text{Há presença de raiz unitária}$$

vs

$$H_1: \text{Não há presença de raiz unitária}$$

C.1.2 Teste HEGY

O teste HEGY desenvolvido por Hylleberg *et al.* (1990), é uma extensão do teste Dickey-Fuller que permite identificar a presença de raiz unitária em diferentes frequências sazonais.

Hipótese nula e hipótese alternativa:

$$H_0: \text{Há presença de raiz unitária na frequência } f$$

vs

$$H_1: \text{Não há presença de raiz unitária na frequência } f$$

C.2 Testes para quebra estrutural

C.2.1 Teste de Zivot-Andrews (Z.A.)

O teste proposto por Zivot e Andrews (1992) é utilizado para detectar a presença de uma quebra estrutural na série.

Hipótese nula e hipótese alternativa:

$$H_0: \text{Há presença de raiz unitaria}$$

vs

$$H_1: \text{Não há presença de raiz unitaria com mudança estrutural em algum ponto}$$

C.3 Teste para autocorrelação

C.3.1 Teste de Ljung-Box

A abordagem proposta por Ljung e Box (1978) verifica simultaneamente se os coeficientes de autocorrelação são nulos estatisticamente.

Hipótese nula e hipótese alternativa:

$$H_0: \hat{\rho}_1(\varepsilon) = \hat{\rho}_2(\varepsilon) = \dots = \hat{\rho}_k(\varepsilon) = 0$$

vs

$$H_1: \exists j \text{ tal que } \hat{\rho}_j(\varepsilon) \neq 0$$

C.4 Teste para normalidade

C.4.1 Teste de Jarque-Bera

O teste de Jarque-Bera (1980) compara as medidas de assimetria e curtose da distribuição dos dados em relação à distribuição Normal, permitindo verificar se os dados têm uma distribuição estatisticamente semelhante à distribuição normal.

Hipótese nula e hipótese alternativa:

$$H_0: \text{Os dados seguem uma distribuição Normal}$$

vs

$$H_1: \text{Os dados não seguem uma distribuição Normal}$$

C.5 Teste para efeitos ARCH

C.5.1 Teste ARCH-LM

O teste de ARCH-LM, proposto por Engle (1982), verifica a presença de efeitos ARCH no modelo ajustado aos dados.

Hipótese nula e hipótese alternativa:

$$H_0: \text{O modelo é linear}$$

vs

$$H_1: \text{O modelo é não – linear do tipo ARCH}$$

APÊNDICE D. Informações adicionais sobre as métricas de desempenho.

D.1 Métricas de desempenho

D.1.1 Raiz do erro quadrático médio (RMSE – *Root Mean Square Error*)

A Raiz do Erro Quadrático Médio mede a raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre os valores reais Z_t e os valores preditos \hat{Z}_t . Em outras palavras, o RMSE fornece uma medida de magnitude média dos erros cometidos pelo modelo, sendo sensível a grandes desvios entre os valores previstos e reais.

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (Z_t - \hat{Z}_t)^2} \quad (22)$$

D.1.2 Erro Percentual Médio Absoluto (MAPE – *Mean Absolute Percentage Error*)

O Erro Percentual Médio Absoluto é uma métrica que mostra a porcentagem de erro entre os valores reais Z_t e os valores preditos \hat{Z}_t .

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Z_t - \hat{Z}_t}{Z_t} \right| \times 100 \quad (23)$$

D.1.3 Erro Absoluto Médio (MAE – *Mean Absolute Error*)

O Erro Médio Absoluto mede a média da diferença entre os valores reais Z_t e os valores preditos \hat{Z}_t . Essa métrica incorpora o uso do valor absoluto para garantir que as diferenças sejam consideradas em termos de magnitude, independentemente de serem positivas ou negativas. Além disso, essa métrica não é afetada por outliers.

$$\text{MAE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |(Z_t - \hat{Z}_t)| \quad (24)$$

APÊNDICE E. Resultados adicionais.**Tabela E1.** Estatística descritiva das variáveis em nível e log.

Variáveis	MIN	1° Q	Mediana	Média	3° Q	MAX	CV
PrêmioDireto	33.770	782.314	1.761.080	2.242.105	2.633.771	12.739.495	100.5758
LogPrêmioDireto	10.4300	13.5700	14.3800	14.1500	14.7800	16.3600	7.6782
Subvenção	47.813	147.299	174.364	208.319	207.149	641.166	58.2136
LogSubvenção	10.7800	11.9000	12.0700	12.1300	12.2400	13.3700	3.7697

Fonte: Elaboração própria com base em dados fornecidos pelo *software* R.

Tabela E2. Resultado do teste de raiz unitária com quebra estrutural de Zivot-Andrews.

Nome do teste	Valores críticos	Valor do Teste
Zivot- Andrews	-5.57 e -5.08	-11.32

Fonte: Elaboração própria com base em dados fornecidos pelo *software* R.

Tabela E3. Resultado da estimação dos parâmetros dos modelos GARCH.

Parâmetros	Modelos GARCH (r,s)		
	GARCH(1,1) ¹	GARCH(1,1) ²	GARCH(1,1) ³
α_1	0.0603** (0.0344)	0.0686** (0.0388)	0.0630** (0.0330)
β_1	0.8905*** (0.0605)	0.8714*** (0.0681)	0.8892*** (0.0567)
AIC	2.6033	2.7313	2.6462
Ljung-Box	2.8994 (0.9836)	3.1670 (0.9772)	5.5033 (0.8551)
Jarque-Bera	7.5248 (0.0232)	4.2811 (0.1175)	5.6231 (0.0601)
Arch-LM	31.0227 (0.1950)	36.7930 (0.2413)	33.7565 (0.1736)

Fonte: Elaboração própria com base nos dados fornecidos pelo *software* R.

Nota: Os valores abaixo dos parâmetros representam o erro-padrão das estimativas. Os valores abaixo dos testes são o valor-p.

*** Significativo a 1%. ** Significativo a 5%.

Nota: ¹ Resíduo do modelo SARIMA (0,0,0)(1,1,1); ² Resíduo do modelo SARIMA (0,0,0)(0,1,1); ³ Resíduo do modelo SARIMA (0,0,0)(0,1,2);

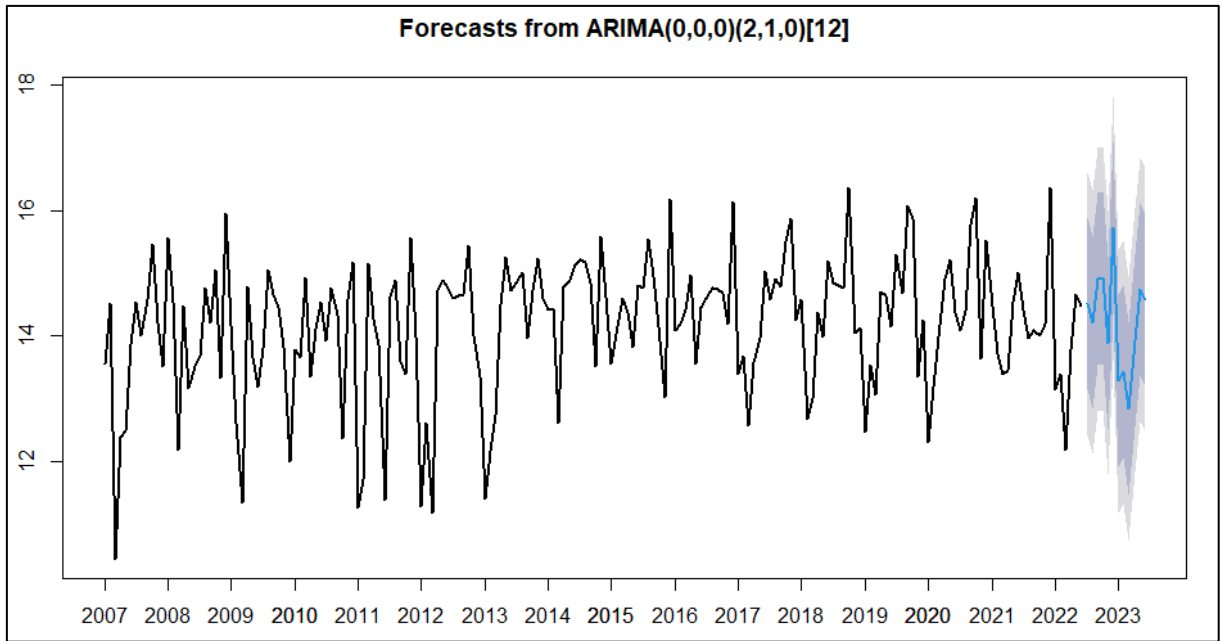


Figura E1. Gráfico da previsão do modelo SARIMA (0,0,0)(2,1,0).

Fonte: Elaboração própria com base nos dados fornecidos pelo *software* R.