

Evidências empíricas dos impactos econômicos e climáticos nos acionamentos do Proagro na região Sul do Brasil (2013-2023)

Empirical evidence of economic and climatic impacts on Proagro claims in Southern Brazil (2013-2023)

Nathalia Tolentino de Lima Abreu¹ , Armando Fornazier² , Gabrielli do Carmo Martinelli³ , Elen Presotto² 

¹Programa de Pós-graduação em Agronegócios (Propaga), Universidade de Brasília (UnB), Brasília (DF), Brasil. E-mail: nathaliatolentino94@gmail.com

²Programa de Pós-graduação em Agronegócios (Propaga), Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAV), Universidade de Brasília (UnB), Brasília (DF), Brasil. E-mails: fornazier@unb.br; elen.presotto@unb.br

³Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UESM), Dourados (MS), Brasil. E-mail: gabrielli.souza@uems.br

Como citar: Abreu, N. T. L., Fornazier, A., Martinelli, G. C., & Presotto, E. (2026). Evidências empíricas dos impactos econômicos e climáticos nos acionamentos do Proagro na região Sul do Brasil (2013-2023). *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 64, e303725. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2026.303725pt>

Resumo: O agronegócio brasileiro representa mais de 26% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional, mas enfrenta crescentes riscos climáticos que ameaçam seu desempenho. Este estudo analisou os determinantes dos acionamentos do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro) na região Sul do Brasil entre os anos 2013 e 2023, focando nas culturas de milho, soja e trigo. Utilizou-se metodologia de dados em painel com modelos de efeito fixo corrigidos para heterocedasticidade e autocorrelação. Os resultados revelaram que o fenômeno *La Niña* impacta significativamente os acionamentos, aumentando em 168% o valor acionado para o milho e 87,4% para a soja, enquanto reduz em 166,4% para o trigo. A temperatura média mostrou relação negativa com os acionamentos da soja (-4,35%), e o preço do milho apresentou elasticidade positiva de 5,1%. A produtividade média foi estatisticamente significativa para o milho e o trigo. Os achados evidenciam padrões distintos de vulnerabilidade climática entre as culturas e indicam desafios para a sustentabilidade financeira do Programa diante da intensificação de eventos extremos.

Palavras-chave: Proagro, seguro agrícola, riscos climáticos, *La Niña*, sustentabilidade financeira.

Abstract: Brazilian agribusiness accounts for more than 26% of the country's Gross Domestic Product (GDP), but faces growing climate risks that threaten its performance. This study analyzed the determinants of Agricultural Activity Guarantee Program (Proagro) claims in Southern Brazil between the years 2013 and 2023, focusing on corn, soybean, and wheat crops. Panel data methodology with fixed-effect models corrected for heteroscedasticity and autocorrelation was employed. Results revealed that *La Niña* phenomenon significantly impacts claims, increasing claim values by 168% for corn and 87.4% for soybeans, while reducing by 166.4% for wheat. Average temperature showed negative relationship with soybean claims (-4.35%), and corn prices presented positive elasticity of 5.1%. Average productivity was statistically significant for corn and wheat. Findings evidence distinct patterns of climate vulnerability among crops and indicate challenges for Program financial sustainability amid intensifying extreme events.

Keywords: Proagro, agricultural insurance, climate risks, *La Niña*, financial sustainability.

1 Introdução

Os riscos climáticos são uma preocupação recorrente em todo o mundo, em várias atividades, especialmente na agropecuária. Os impactos vão desde oscilações de preços (Faccia et al., 2021; Kotz et al., 2024), preocupação com políticas de mitigação e possíveis efeitos no acesso aos alimentos (Hasegawa et al., 2018), como também riscos de aumento de desigualdade econômica, sobrecarga em sistema de saúde e até a desestabilização de sistemas monetários e políticos (Kotz et al., 2025). Sinalizando um problema complexo, de certa forma uma dicotomia, pois já se sabe que haverá impacto nos preços, e com isso, na segurança alimentar dos mais pobres, seja com mitigação ou por falta de oferta em função dos riscos climáticos.



Em termos de valores, as perdas globais agregadas entre os anos de 1991 e 2021 chegam a US\$ 3,8 trilhões, o que corresponde uma média de US\$ 123 bilhões por ano. Esse valor equivale a 5% do Produto Interno Bruto (PIB) agrícola global e a quase 300 milhões de toneladas de perdas acumuladas por ano (Food and Agriculture Organization, 2023). Trata-se de números expressivos, especialmente quando relacionados à segurança alimentar global. O Brasil tem desempenhado um papel significativo no mercado global de alimentos, ficando evidente durante o período da pandemia de COVID-19, destacando-se como um dos principais produtores e fornecedores mundiais. Durante os dois primeiros anos da pandemia, o agronegócio brasileiro apresentou um desempenho econômico de US\$ 120,6 bilhões em exportação, crescimento de 24% se comparado a 2019 (Brasil, 2025c). Ao exportar alimentos e insumos para países com escassez de recursos naturais, o país contribui diretamente para a manutenção da segurança alimentar global, especialmente diante de cenários de perdas expressivas na produção (Neves, 2023).

De encontro a segurança alimentar, a produção mundial de alimentos é suscetível aos riscos climáticos. A partir disso, com as sucessivas perdas e o risco inerentes à atividade agrícola, o Brasil desenvolveu políticas públicas para mitigar esses impactos. A evolução do crédito rural, com seu início em 1937, foi consolidada em 1965 com a Lei nº 4.829, que estabeleceu o Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR) (Brasil, 1965). Para a gestão de riscos, em 1954 foi criada a Companhia Nacional de Seguros Agrícola, advinda da promulgação da Lei nº 2.168, onde institui o seguro agrário no Brasil (Brasil, 1954). Ambos os instrumentos passam por evolução, como por exemplo com a Constituição Federal, no seu artigo 187, inciso V (Brasil, 1988) e na Lei nº 8.171, e suas alterações, que estabelece a Política Agrícola no Brasil (Brasil, 1991).

O objeto em estudo é analisar o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro), instituído pela Lei n.º 5.969 de 1973 (Brasil, 1973), e suas alterações¹. Operacionalizado a partir de 1975, o Proagro foi criado com o intuito de proteger o produtor rural, nos casos de perda de receita causada por adversidades naturais, do cumprimento das obrigações financeiras em operações de crédito rural de custeio. O Proagro pode ser interpretado como uma espécie de seguro público, embora suas regulamentações, diretrizes e fiscalização não fiquem a cargo do Conselho Nacional de Seguros Privados (CNSP) e da Superintendência de Seguros Privados (SUSEP), mas sim do Banco Central do Brasil (BACEN) (Brisolara, 2013).

Devido ao aumento da frequência de eventos climáticos, como o *El Niño* e *La Niña*, tem-se observado um crescimento contínuo no número de acionamentos do Programa por sinistros ocorridos na produção agropecuária e, por consequência, no valor subsidiado pelo governo. Entre os anos-safra de 2013/2014 e 2022/2023, o valor amparado pelo Programa passou de R\$ 10 bilhões para R\$ 31 bilhões (Banco Central do Brasil, 2024). Além disso, observa-se um crescente distanciamento entre a alíquota média praticada e a alíquota de equilíbrio do Programa (Abreu, 2025), o que revela uma defasagem significativa e potencialmente insustentável no longo prazo. Diante desse cenário, coloca-se a seguinte questão de pesquisa: em que medida o Proagro tem respondido aos riscos climáticos e financeiros na Região Sul do Brasil? Para investigá-la, o presente estudo analisa, por meio de modelos de dados em painel, o impacto de variáveis climáticas e econômicas sobre os acionamentos do Programa nos estados da região.

2 Fundamentação Teórica

2.1 Riscos, Clima e Sustentabilidade Financeira do Proagro

Na literatura há uma diferenciação conceitual entre risco e incerteza. Knight (1921) define o risco como uma situação em que é possível estimar as probabilidades dos resultados,

¹ O Proagro Mais, criado em 2004, por meio da Resolução nº 3.234, de 31 de agosto, é um subprograma do Proagro, destinado aos Pronafianos, produtores que fazem parte do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf). Os produtores que não se enquadram neste quesito e aderem ao Proagro, possuem seu amparo denominado de Proagro Tradicional. Este estudo, considerou os dois.

com base em dados prévios ou experiências passadas. Já a incerteza diz respeito a cenários onde não é possível medir ou estimar probabilidades, seja pela falta de informações ou pela singularidade do evento.

O risco climático pode ser entendido como a probabilidade de perdas decorrentes de eventos imprevisíveis, distinguindo-se da incerteza pura por permitir quantificação probabilística, conforme definido por Knight (1921). No âmbito agrícola, esses riscos são sistêmicos, afetando múltiplos produtores simultaneamente e demandando instrumentos coletivos de mitigação, como os seguros que transferem despesas futuras elevadas por prêmios previsíveis, promovendo estabilização de renda e eficiência econômica (Ozaki et al., 2007; Ozaki & Dias, 2009; Coble & Barnett, 2013; Wang et al., 2020). Globalmente, o seguro agrícola, originado em mercados privados nos Estados Unidos e Europa, evoluiu para modelos subsidiados, com custos anuais superiores a US\$20 bilhões, adaptando-se a contextos de alta variabilidade climática (World Bank, 2005; Smith & Glauber, 2012; Costa, 2023).

O risco voltado para a produção agrícola pode ser caracterizado por três tipos: idiossincrático, que se refere a perdas frequentes, porém de baixo impacto, que afetam indivíduos ou pequenos grupos, como a perda em uma única propriedade; o intermediário, que abrange eventos menos frequentes, mas com perdas mais significativas, como granizo, geadas ou inundações que atingem algumas propriedades em uma mesma região; e o risco catastrófico, associado a eventos extremos e sistêmicos, como secas prolongadas ou enchentes generalizadas, que impactam amplas áreas e populações (Ceballos et al., 2025).

A dependência por seguro pode ser um fator incentivador da não adoção de boas práticas, pois os agricultores passam a confiar na cobertura dos prejuízos financeiros oferecida por esse mecanismo, sendo assim, a tendência é ficarem menos propensos à adoção de práticas mitigadoras de danos, como diversificação de culturas, manejo sustentável ou investimentos em tecnologias como sistemas de irrigação. Dessa forma, o seguro passa a ser uma máscara para os reais efeitos das mudanças climáticas, por minimizar seus impactos econômicos (Dolan, 2001).

Um contraponto apontado pela literatura refere-se à possibilidade de o seguro agrícola gerar implicações ambientais negativas ao influenciar o comportamento dos agricultores, reduzindo os incentivos à adoção de práticas de manejo sustentável. Baumgärtner & Quaas (2008) destacam, teoricamente, que o seguro financeiro pode levar à substituição de estratégias naturais de mitigação de riscos, como o uso da agrobiodiversidade, por soluções de mercado. Nesse ambiente, surge o risco moral (ou moral *hazard*) quando os produtores, amparados pela cobertura do seguro, optam por assumir riscos excessivos, como cultivar em áreas de maior vulnerabilidade climática (Wu et al., 2020), o que pode elevar a frequência de sinistros e gerar custos adicionais para o sistema.

A assimetria de informação ocorre devido às desigualdades no conhecimento entre produtores e seguradoras, facilitando seleções adversas ou até fraudes, o que aumenta os custos operacionais e compromete a viabilidade de longo prazo dos programas. A presença desses problemas reforça a necessidade de reformas para equilibrar os benefícios com os riscos inerentes (Ozaki & Dias, 2009; Mota et al., 2020; Wu et al., 2020; Dal Pozzo et al., 2025).

No Brasil, a política agrícola integra o planejamento, financiamento e gestão de riscos por meio de ferramentas como crédito rural, a Política de Garantia de Preços Mínimos (PGPM) e seguros agrícolas, com ênfase no Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR) e o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro) (Ramos & Martha Junior, 2010; Pintor et al., 2015; Vieira Filho & Fishlow, 2017; Wedekin, 2019).

O Proagro, criado em 1975 como mecanismo de garantia para operações de crédito rural, opera como um seguro público gerido pelo BACEN, cobrindo perdas por eventos climáticos e fitossanitários em culturas financiadas, com foco em produtores de menor porte, especialmente na agricultura familiar (Rodrigues et al., 2023; Oñate-Paredes & Ozaki, 2025).

Diferentemente do PSR, que subsidia prêmios de seguros privados para grandes produtores, o Proagro oferece cobertura cobrando somente uma alíquota sobre o financiamento. Os três estados do Sul (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), concentram 84,8% das coberturas, onde as culturas de soja, milho e trigo correspondem, respectivamente, a 32,9%, 27,5% e 13,2% do valor amparado pelo Proagro (Loyola et al., 2016; Loyola & Schwantes, 2020; Brasil, 2025c; Torres et al., 2024).

A aplicação do Proagro e de seguros rurais no contexto brasileiro demonstra avanços notáveis, como a estabilização da renda dos produtores e a mitigação de perdas climáticas, contribuindo para a resiliência do setor agropecuário. No entanto, esses instrumentos também apresentam desafios significativos que afetam sua efetividade e sustentabilidade financeira, especialmente o risco moral e a assimetria de informação.

Estudos demonstram que o Proagro mitiga impactos climáticos, como os associados a *El Niño/La Niña*, ao estabilizar a renda e incentivar investimentos, mas enfrenta críticas por ineficiências estruturais, como inadimplência e dependência de subsídios fiscais (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 1993; Oliveira, 1995; Silveira et al., 2008; Oliveira & Pereira, 2025).

Na Região Sul, o Proagro se destaca como instrumento vital para a proteção do agronegócio, concentrando a maior parte das coberturas e apoiando a manutenção da competitividade em uma área de alta exposição a adversidades especialmente as climáticas. As análises espaciais revelam adesão elevada em zonas de intensa produtividade de soja, milho e trigo, o que reforça seu papel na promoção de práticas agrícolas mais seguras e na atração de investimentos locais (Mota et al., 2020; Silva & Gosmann, 2024; Torres et al., 2024).

Apesar dos benefícios, análises baseadas em dados do BACEN de 2013 a 2023 revelam uma realidade preocupante. Devido ao aumento da frequência de eventos climáticos, como o *El Niño* e *La Niña*, tem-se observado um crescimento contínuo no número de acionamentos do Programa. Além disso, observa-se um crescente distanciamento entre a alíquota média praticada e a alíquota de equilíbrio do Programa. Enquanto a alíquota de equilíbrio (aquela que garantiria a sustentabilidade financeira do Programa) foi estimada em 37,8% para a cultura do trigo no período analisado, a alíquota média efetivamente aplicada foi de 7%, o que torna necessário um aporte de recursos públicos para a sustentabilidade financeira do Programa (Abreu, 2025).

Os maiores números de acionamentos ao longo do período analisado foram oriundos dos eventos sinistrantes: chuva excessiva, chuva na colheita, doença ou praga, enchente, granizo, geadas, outros fenômenos naturais, raio, seca, tromba de água, variação excessiva de temperatura, vendaval, vento forte e vento frio. Os dados sintetizados na Figura 1 demonstram que o evento seca e a chuva excessiva, para a região do Sul do Brasil, são os principais acarretadores de acionamento do Programa por perdas na lavoura (Banco Central do Brasil, 2024). Ao analisarem a produtividade para os municípios do Paraná, entre 1990 e 2002, Ozaki & Dias (2009) destacam que eventos climáticos adversos, como secas ou geadas, tendem a afetar grandes áreas simultaneamente. Essa afirmação explica a grande quantidade de acionamentos ocorridos nos estados do Sul, diante da sua proximidade geográfica.

Eventos climáticos extremos, como secas, geadas e inundações, provocaram retrações significativas, com uma queda de aproximadamente 1,8% no PIB em 2022 e projeções de declínio adicional de 3,5% em 2024, impulsionadas por perdas em culturas-chave como o milho (redução de 12,26%), soja (4,67%) e trigo (32% no Paraná) (Assad & Assad, 2024; Universidade de São Paulo, 2024). Esses impactos não se limitam a flutuações econômicas isoladas, mas refletem uma tendência global de aumento na frequência e intensidade de desastres naturais, responsáveis por perdas anuais superiores a R\$11 bilhões no Brasil, equivalentes a 1% do PIB agrícola, com a seca respondendo por 84% dos prejuízos no setor entre 2003 e 2013 (Arias et al., 2015; Food and Agriculture Organization, 2015).

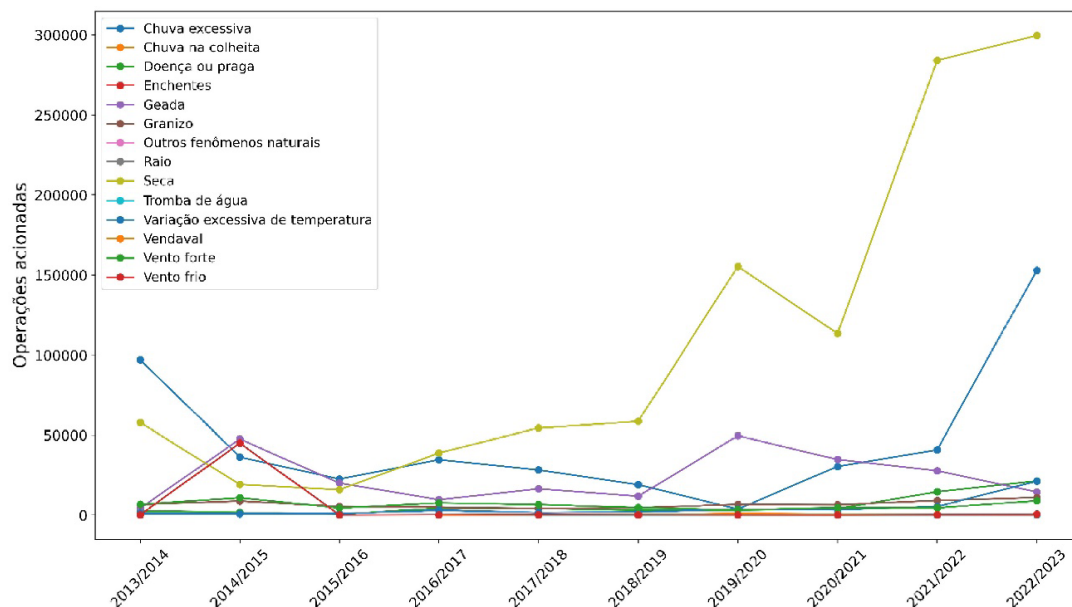


Figura 1. Quantidade de operações acionadas nos estados de SC, PR e RS, por evento sinistrante.

Nota: *Ano safra período entre 01/07 de um ano a 30/06 do ano seguinte.

Fonte: elaborada pelos autores a partir de dados do Banco Central do Brasil (2024).

Além disso, a sensibilidade das culturas de soja, milho e trigo às condições climáticas constitui um dos principais vetores de incerteza produtiva, influenciando tanto a produtividade quanto a qualidade das colheitas. Estudos indicam que variações em temperatura e precipitação, associadas a fenômenos como *El Niño* e *La Niña*, alteram padrões de chuvas e temperaturas na Região Sul do Brasil, comprometendo safras inteiras e gerando perdas de até 23,9 milhões de toneladas, como observado na safra 2015/2016 (Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, 2016; Ray et al., 2019; Torres et al., 2024; Zambrano-Medina et al., 2024).

O *El Niño* intensifica chuvas excessivas e temperaturas elevadas, enquanto o fenômeno *La Niña* promove secas prolongadas, afetando diretamente a distribuição pluviométrica e térmica em estados como Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Essa variabilidade climática não apenas reduz a produtividade média – com impactos potenciais em até 20% das colheitas globais já afetadas pelo aquecimento global, mas também agrava a volatilidade dos preços internacionais, comprometendo a renda rural e a estabilidade econômica do setor (Tao et al., 2016; Santos et al., 2021; Kumari et al., 2024; Martínez, 2024).

No contexto brasileiro, projeções indicam que mudanças climáticas podem reduzir a produtividade de trigo, milho e soja em até 30% em certas regiões, demandando estratégias de adaptação, como o zoneamento agrícola e monitoramento das alterações na precipitação (Siqueira et al., 1994; Sanches et al., 2014; Santos & Martins, 2016; Luiz & Silva, 2024).

Na Tabela 1, é possível verificar que o valor amparado pelo Programa cresce em uma velocidade muito maior do que o tamanho da área amparada. Para os anos de 2013/2014 e 2014/2015, não há registros de valores para a variável área no banco de dados do Proagro (Banco Central do Brasil, 2024).

Diante desses riscos, a gestão de incertezas climáticas e financeiras emerge como essencial para a sustentabilidade do agronegócio, evitando desigualdades na competitividade, escassez de crédito e declínio na renda dos produtores (Medeiros, 2013; Silva et al., 2014; Tabosa & Vieira Filho, 2021b).

Tabela 1. Área amparada, valor amparado e taxa de crescimento nas operações com adesão ao Proagro, nos estados de SC, PR e RS, para todas as culturas.

Ano*	Área amparada (hectares)	Valor amparado (R\$)	Taxa de crescimento Área amparada (%)**	Taxa de crescimento Valor amparado (%)
2013/2014	ND	1.589.135.646,14	-	-
2014/2015	ND	1.393.877.733,49	-	-12,29
2015/2016	509.188,76	968.350.664,36	-	-30,53
2016/2017	943.435,33	1.639.288.361,80	85%	69,29
2017/2018	940.789,91	1.713.187.718,11	0%	4,51
2018/2019	882.941,85	1.966.493.711,01	-6%	14,79
2019/2020	1.611.354,85	3.966.187.721,57	82%	101,69
2020/2021	1.094.172,07	3.691.065.477,58	-32%	-6,94
2021/2022	1.962.648,53	9.274.231.406,28	79%	151,26
2022/2023	2.782.502,63	15.552.792.229,83	42%	67,70
Total	10.727.033,93	41.754.610.670,17	250%	359%

Notas: *O Ano safra é o período entre 01/07 de um ano a 30/06 do ano seguinte; **A taxa de crescimento foi calculada com base na divisão entre a ((safra analisada/safra do ano anterior) -1).

Fonte: elaborada pelos autores a partir de dados do Banco Central do Brasil (2024).

3 Metodologia

3.1 Dados

Neste estudo, utilizou-se os dados expostos na Quadro 1, cujas principais fontes foram do Sistema de Suporte à Decisão na Agropecuária - SISDAGRO (Brasil, 2025b), a Matriz de dados do Proagro (Banco Central do Brasil, 2024), Portal de Informações Agropecuárias (Brasil, 2025a), o Centro de Previsão Climática e o levantamento de Produção Agrícola Municipal (PAM/IBGE) (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2024) e dados de episódios de anomalia ou desvio de temperatura da superfície do mar (TSM) em relação à média, medida através de boias espalhadas no oceano, mensurados pela Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA) (National Oceanic Atmospheric Administration, 2025).

As informações abrangem o período de 2013 a 2023, isso porque, a Circular nº 3.620, de 21 de dezembro de 2012, emitida pelo BACEN, estabeleceu que todas as operações de crédito rural devem ser cadastradas no Sistema de Operações do Crédito Rural e do Proagro (SICOR) a partir de 1º de janeiro de 2013. Os estados do Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina foram selecionados como recorte geográfico para a análise das variáveis determinantes dos acionamentos do Proagro. Essa escolha se justifica pela significativa concentração de adesões e acionamentos do Programa na região Sul, refletindo a vulnerabilidade dos produtores locais a eventos climáticos adversos (Banco Central do Brasil, 2024).

A variável dependente “y” escolhida foi o valor de acionamento, ou seja, o montante enquadrado que teve a solicitação do pedido de cobertura do Proagro. A escolha foi embasada na realidade do Proagro, onde nem todo o valor que é acionado é efetivamente indenizado. A ausência de comprovação de aquisição de insumos, valor obtido na comercialização do produto e área não comprovada como efetivamente cultivada, são deduzidos do valor a ser pago para os produtores após o acionamento. O valor de acionamento foi obtido dos dados da Matriz do Proagro (Banco Central do Brasil, 2024).

Quadro 1. Descrição das variáveis utilizadas no painel.

Variável	Sigla	Unidade	Descrição	Fonte
Temperatura média mensal	Tm	Graus Celsius (°C)	Valor calculado a partir da média das temperaturas registradas ao longo dos meses de cada mês do ano safra da Amostra	Brasil (2025b)
Precipitação média mensal	Pm	Milímetros(mm)	Valor calculado a partir da média das precipitações registradas ao longo dos meses de cada mês do ano safra da Amostra, depois foi feita a soma do acumulado do mês	Brasil (2025b)
Produtividade Média para cada cultura	PMM PMS PMT	Quilogramas por hectare (Kg/ha)	Quantidade produzida por hectare	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2024)
Preço para cada cultura	PM PS PT	Real (R\$)	Valor pago ao produtor para 60kg do produto ¹ (soja, milho e trigo)	Brasil (2025a)
El Niño	El Niño	Dummy	Variável <i>Dummy</i> para a presença de <i>El Niño</i> para os anos safra da amostra	National Oceanic Atmospheric Administration (2025)
La Niña	La Niña	Dummy	Variável <i>Dummy</i> para a presença de <i>La Niña</i> para os anos safra da Amostra	National Oceanic Atmospheric Administration (2025)
Valor de acionamento para cada cultura	VAM VAS VAT	Real (R\$)	Valor financiado pelo agricultor que teve pedido de cobertura no âmbito do Proagro	Banco Central do Brasil (2024)

Notas: ¹Para a cultura do trigo, o preço médio utilizado foi a média entre o preço do trigo grão, trigo pH 75 e pH78. As culturas são: soja, milho e trigo.
Fonte: elaborado pelos autores (2025).

3.2 Métodos

Com o objetivo de analisar simultaneamente a evolução temporal do Proagro e investigar o impacto de diferentes variáveis nos três estados, foi escolhida a metodologia de dados em painel. Diante das diferentes variáveis utilizadas, o modelo leva em consideração suas características idiossincráticas, obtendo, desta forma, ganhos de grau de liberdade e permitindo maior flexibilidade no tratamento da heterogeneidade dos dados (Greene, 2008, p. 181-182). De forma geral, o modelo é definido pelas Equações 1 e 2 (Baltagi, 2005; Greene, 2008).

$$y_{it} = x^{'}_{it}\beta + W^{'}_i\alpha + \varepsilon_{it}$$
(1)

$$= x^{'}_{it}\beta + c_i + \varepsilon_{it}$$
(2)

sendo: i o indicador de indivíduos (i = 1, 2... n), t de tempo (t= 1, 2,... T), $x^{'}_{it}$ é um vetor linha dos regressores sem intercepto, o $W^{'}_i$ capta a heterogeneidade inclusive o intercepto; c_i capta a heterogeneidade; ε_{it} é o resíduo.

Conforme Greene (2008), a análise dos dados em painel pode ser realizada por metodologias diferentes: *pooled*, efeitos fixos (EF), efeitos aleatórios (EA) e parâmetros aleatórios (PA) (Greene, 2008). No modelo *pooled*, todos os dados são tratados como homogêneos, ou seja,

as diferenças (heterogeneidade) entre os indivíduos (estados) não diferem estatisticamente entre si, e a estimativa é realizada por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). O modelo de Efeito Fixo (EF) permite verificar a heterogeneidade entre os indivíduos em análise, admitindo que cada estado possui característica própria, que não varia ao longo do tempo. A estimativa também é realizada por MQO. Já o modelo de Efeitos Aleatórios (EA) assume que a diferença entre os indivíduos não está correlacionada com as variáveis independentes, e sua aplicação é mais recomendada quando os indivíduos ou grupos em análise representam uma amostra aleatória de uma população maior (Baltagi, 2005). Por fim, o modelo de Parâmetros Aleatórios (PA) admite que cada indivíduo possua um coeficiente de inclinação distinto (Greene, 2008).

Para determinar o modelo mais apropriado para a análise de dados em painel, uma série de testes preliminares foi realizada, conforme detalhado no Quadro 2. A escolha inicial entre o modelo *pooled* e o de Efeitos Fixos (EF) é guiada pelo teste de *Chow*. Este teste tem como hipótese nula a inexistência de heterogeneidade, o que favorece a adoção do modelo *pooled*. Caso essa hipótese seja rejeitada, sugere-se a utilização do modelo de Efeitos Fixos (EF) (Greene, 2008).

Quadro 2. Procedimentos para modelos de dados em painel

Teste	Descrição	Hipóteses
<i>Chow</i>	<i>Pooled</i> x EF	H_0 : Modelagem <i>Pooled</i> ; H_1 : Modelagem de EF
<i>Hausman</i>	EA x EF	H_0 : Modelagem EA; H_1 : Modelagem EF
<i>Mundlak</i> ou <i>Suest</i>	EA x EF	H_0 : Modelagem EA; H_1 : Modelagem EF
<i>Breusch and Pagan</i>	<i>Pooled</i> x EA	H_0 : Modelagem <i>Pooled</i> ; H_1 : Modelagem EA
<i>Wald</i>	Identificar heterocedasticidade em EF	H_0 : Homocedasticidade; H_1 : Heterocedasticidade
<i>Wooldridge</i>	Autocorrelação	H_0 : Não Autocorrelação; H_1 : Autocorrelação
<i>Pesaran CD e LM</i>	Correlação contemporânea	H_0 : Independência dos <i>Cross-Section</i> H_1 : Correlação Contemporânea
<i>Fisher</i>	Identificar a ordem de integração	H_0 : Não estacionária; H_1 : Estacionária
<i>Pedroni</i>	Existe relação de equilíbrio de longo prazo	H_0 : Sem Cointegração; H_1 : Cointegração

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

Na decisão entre o modelo *pooled* e o de Efeitos Aleatórios (EA), emprega-se o teste de *Breusch-Pagan*. A hipótese nula deste teste aponta para a ausência de variação significativa nos efeitos não observáveis, o que também favorece o modelo *pooled* (Greene, 2008).

A distinção entre os modelos de Efeitos Aleatórios (EA) e Efeitos Fixos (EF) é estabelecida pelos testes de *Hausman*, *Mundlak* ou *Suest*. O teste de *Hausman* é preferível na ausência de violação dos pressupostos de homocedasticidade, autocorrelação e correlação contemporânea. Em contrapartida, o teste de *Mundlak* serve como alternativa quando esses pré-requisitos não são cumpridos (Greene, 2008). Em ambos os testes, a hipótese nula sustenta a adequação do modelo EA. A rejeição dessa hipótese leva à conclusão de que o modelo de Efeitos Fixos (EF) é a opção mais indicada.

Adicionalmente aos testes de seleção de modelo, foram feitos testes para verificar a presença de heterocedasticidade, autocorrelação e correlação contemporânea. Para identificar heterocedasticidade foi utilizando o teste de *Wald*; a autocorrelação, com o teste de *Wooldridge* e correlação contemporânea, com o teste de *Pesaran* e suas variantes CD e LM (Greene, 2008).

A classificação dos painéis em curtos ou longos é determinada pela relação entre o número de indivíduos e o período observado. Painéis curtos apresentam muitos indivíduos em poucos períodos, enquanto painéis longos têm um pequeno número de indivíduos observados por um longo tempo (Cameron & Trivedi, 2010, p. 697). Em painéis longos, uma modelagem adequada é crucial para analisar os grupos de indivíduos separadamente (Baltagi, 2005; Greene, 2008).

Por fim, para verificar se um painel de dados é estacionário, ou seja, se a média e variância são constantes ao longo do tempo, foi realizado o teste de Fisher, que é utilizado para identificar a ordem de integração do painel. Para os casos de séries estacionárias, as médias e variâncias são constantes ao longo do tempo. Quando o comportamento apresentado é aleatório, trata-se de uma série com raiz unitária, o que torna a previsão menos confiável. Apesar do teste proposto por Maddala & Wu (1999) possuir como vantagem a inexigência de um painel balanceado, sua utilização é mais indicada para painéis longos.

As Equações 3, 4 e 5 descrevem os modelos estimados para as culturas de milho, soja e trigo, respectivamente. Cabe salientar que as variáveis foram observadas em períodos mensais para os três estados em análise, e em função das diversas unidades de medida, as variáveis foram logaritmizadas.

$$lnvam_{it} = \alpha_0 + \beta_1 lnPm_{it} + \beta_2 lnPMM_{it} + \beta_3 elnino_{it} + \beta_4 lanina_{it} + \beta_5 lnPm_{it} + \beta_6 lnTm_{it} + u_{it} \quad (3)$$

$$lnvas_{it} = \alpha_0 + \beta_1 lnPS_{it} + \beta_2 lnPMS_{it} + \beta_3 elnino_{it} + \beta_4 lanina_{it} + \beta_5 lnPm_{it} + \beta_6 lnTm_{it} + u_{it} \quad (4)$$

$$lnvat_{it} = \alpha_0 + \beta_1 lnPT_{it} + \beta_2 lnPMT_{it} + \beta_3 elnino_{it} + \beta_4 lanina_{it} + \beta_5 lnPm_{it} + \beta_6 lnTm_{it} + u_{it} \quad (5)$$

Em que, as variáveis foram observadas em períodos mensais para os três estados em análise: $lnvam_{it}$ é o valor de acionamento do milho, $lnPM_{it}$ é o preço do milho, $lnPMM_{it}$ é a produtividade média do milho, $elnino_{it}$ dummy da presença de *El Niño*; $lanina_{it}$ dummy de quando acontece *La Niña*; $lnPm_{it}$ é a precipitação média mensal; $lnTm_{it}$ é a temperatura média mensal; $lnvas_{it}$ é o valor de acionamento da soja, $lnPS_{it}$ é o preço da soja, $lnPMS_{it}$ é a produtividade média da soja; $lnvat_{it}$ é o valor de acionamento do trigo, $lnPT_{it}$ é o preço do trigo, $lnPMT_{it}$ é a produtividade média do trigo.

4 Resultados e Discussão

Na Tabela 2 estão resumidos os resultados obtidos em relação à raiz unitárias das variáveis. Somente para as variáveis *dummy* (el_nino e la_nina) o teste não foi feito, tendo em vista que seus valores são 0 ou 1. Como resultado do teste de *Fischer* (baseado no *Dickey Fuller Aumentado*-DFA) as variáveis estacionárias são: ln_VAM , ln_VAS , ln_PMS , ln_VAT , ln_PMT , ln_Tm e ln_Pm . As variáveis ln_PM , ln_PMM , ln_PS e ln_PT são não estacionárias, sendo assim, foi realizado a diferenciação (primeira diferença), para que se tornem estacionárias. Tendo em vista que o teste de *Pedroni* indicou que há integração entre as variáveis nos três modelos em estudo, foi realizada a modelagem padrão de regressão, não sendo indicado realizar os modelos de correção de erros. Destaca-se que, em função das diversas unidades de medidas das variáveis em estudo, optou-se por padronizá-las, assim todas as variáveis foram logaritmizadas.

Para a decisão do modelo, foram realizados os testes descritos na Tabela 3. O modelo indicado é Efeito fixo, para ambas as culturas, conforme teste *Chow* que rejeitou a modelagem *Pooled* (Hipótese Nula) (p-valor: 0,0000) e *Suest* que rejeitou a Hipótese Nula de Efeito Aleatório (p-valor: 0,0049). Apesar de o teste de *Breusch-Pagan* não ter rejeitado a hipótese nula (p-valor: 1,0000), sugerindo o modelo *Pooled*, o teste de *Chow*, ao excluir o *Pooled*, determinou o modelo de Efeito Fixo como o mais apropriado.

Conforme Tabela 4, para o milho, as variáveis significativas ao nível de 5% foram: preço do milho ($lnPM$), produtividade média ($lnPMM$) e ocorrência do fenômeno *La Niña*. O modelo explicou 19,31% da variação no Valor de Acionamento do Milho (VAM). A ocorrência de *La Niña* implica em um aumento estimado de 168% no valor acionado, enquanto o aumento de 1% no preço e na produtividade está associado a elevações de 5,1% e 7,1%, respectivamente.

Tabela 2. Estatísticas dos testes de raiz unitária, cointegração e p-valores para o teste de *Fischer* (baseado no *Dickey Fuller Aumentado*-DFA).

Variável	P-valor	Diagnóstico
ln_VAM	0.0000	Sim, estacionária
ln_PM	0.6911	Não estacionária
ln_PMM	0.1336	Não estacionária
ln_VAS	0.0827	Sim, estacionária**
ln_PS	0.9531	Não estacionária
ln_PMS	0.0643	Sim, estacionária**
ln_VAT	0.0000	Sim, estacionária
ln_PT	0.9418	Não estacionária
ln_PMT	0.0000	Sim, estacionária
ln_Tm	0.0000	Sim, estacionária
ln_Pm	0.0000	Sim, estacionária

Notas: *os testes foram realizados sem tendência; ** as variáveis são estacionárias a 10% de nível de significância; ***o teste foi realizado com as variáveis não estacionárias na 1 diferença.

Fonte: elaborada pelos autores (2025).

Tabela 3. Estatísticas dos testes e hipóteses para modelos de dados em painel para a cultura do milho, soja e trigo.

Testes	P-valor milho	P-valor soja	P-valor trigo
Chow	0,0000**	0,0000**	0,0000**
Suest***	0,0049**	0,0005**	0,0000**
Breusch and Pagan	1,0000	1,0000	1,0000
Wald	0,0261*	0,0002*	0,0565*
Wooldridge	0,0000**	0,0000**	0,0000**
Pesaran CD	0,0012**	0,0000**	0,0000**
Pedroni (modelo milho)***	H0: Não cointegrada H1: Cointegrada	0,0006	Cointegrada
Pedroni (modelo trigo)***	H0: Não cointegrada H1: Cointegrada	0,0329	Cointegrada
Pedroni (modelo soja)***	H0: Não cointegrada H1: Cointegrada	0,0454	Cointegrada

Notas: *os testes foram realizados sem tendência; **as variáveis são estacionárias a 10% de nível de significância; ***o teste foi realizado com as variáveis não estacionárias na 1 diferença.

Fonte: elaborada pelos autores (2025).

Tabela 4. Resultados dos modelos de dados em painel para a cultura do milho.

Variável	Modelo Efeito Fixo	Modelo Efeito Fixo Corrigido
$\ln PMD1_{it}$	5.145* (0.003)	5.145* (0.024)
$\ln PMMD1_{it}$	7.075* (0.001)	7.075* (0.013)
$elnino_{it}$	-0.006 (0.983)	-0.006 (0.975)
$lanina_{it}$	1.686* (0.000)	1.686* (0.015)
$\ln_Pms_{it}$	-0.041 (0.806)	-0.041 (0.789)
$\ln_Tm$	-1.697* (0.015)	-1.697 (0.728)
$const$	19.837 (0.000)	19.837 (0.268)
R^2	19,31%	19,31%

Notas: *parâmetro significativo ao nível de 5% de significância; **parâmetro significativo ao nível de 10% de significância.

Fonte: elaborada pelos autores (2025).

Para a soja, o fenômeno *La Niña* e a temperatura média foram significativos ao nível de 5%. A *La Niña* implicou em aumento de aproximadamente 87,4% no valor acionado, enquanto o aumento de 1% na temperatura média se associou a uma queda de cerca de 4,35% no Valor de Acionamento da soja (VAS). O modelo explicou 19,74% da variação do VAS. Os resultados estão consolidados na Tabela 5.

Tabela 5. Resultados dos modelos de dados em painel para a cultura da soja.

Variável	Modelo Efeito Fixo	Modelo Efeito Fixo Corrigido
$\ln PSD1_{it}$	3,474 (0.208)	3,474 (0.280)
$\ln PMS_{it}$	-1,188* (0,121)	-1,188 (0,156)
$elnino_{it}$	0,136 (0,696)	0,136 (0.797)
$lanina_{it}$	0,874* (0,007)	0,874* (0,045)
$\ln_Pms_{it}$	-0,617* (0,001)	-0.617 (0,125)
$\ln_Tm$	-4,353* (0,000)	-4,353* (0.035)
$const$	39,694* (0,000)	39,694* (0.005)
R^2	19,74%	19,74%

Notas: *parâmetro significativo ao nível de 5% de significância; **parâmetro significativo ao nível de 10% de significância.
Fonte: elaborada pelos autores (2025).

Para o trigo (Tabela 6), destacaram-se como significativas a produtividade média (positivo) e *La Niña* (negativo), ambas ao nível de 5%. A *La Niña* esteve associada a uma queda de 166,4% no valor acionado, enquanto o aumento de 1% na produtividade média resultou em acréscimo de 6,28%. O modelo apresentou o maior R^2 entre os três, com 23,23% de explicação das variações de acionamento do trigo.

Tabela 6. Resultados dos modelos de dados em painel para a cultura do trigo.

Variável	Modelo Efeito Fixo	Modelo Efeito Fixo Corrigido
$\ln PTD1_{it}$	5,934* (0,010)	5,934** (0,102)
$\ln PMT_{it}$	6,282* (0,000)	6,282* (0,048)
$elnino_{it}$	-0,926* (0,003)	-0,926 (0,128)
$lanina_{it}$	-1,664* (0,000)	-1,664* (0,042)
$\ln_Pms_{it}$	-0,141 (0,404)	-0,141 (0,219)
$\ln_Tm$	1,819* (0,010)	1,819 (0,418)
$const$	-38,536* (0,000)	-38,536** (0,065)
R^2	23,23%	23,23%

Notas: *parâmetro significativo ao nível de 5% de significância; **parâmetro significativo ao nível de 10% de significância.
Fonte: elaborada pelos autores (2025).

A análise de dados em painel para o período de 2013 a 2023 revelou relações significativas entre variáveis climáticas, econômicas e produtivas com os acionamentos do Proagro para milho, soja e trigo na Região Sul do Brasil (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), com modelos robustos corrigidos por heterocedasticidade e autocorrelação, conferindo confiabilidade aos achados (Baltagi, 2005; Greene, 2008). A variável *El Niño* não se mostrou estatisticamente significativa para explicar variações nos acionamentos em nenhuma das culturas, contrastando com estudos como o de Luiz & Silva (2024), que identificaram

efeitos negativos na soja, e Carvalho (2020), que associaram eventos climáticos extremos, incluindo *El Niño*, a perdas agrícolas substanciais, sugerindo que, neste contexto, outros fatores climáticos possam sobrepor-se ou que os impactos sejam menos pronunciados na região analisada (Carvalho, 2020; Luiz & Silva, 2024).

Por outro lado, a ocorrência de *La Niña* demonstrou correlação positiva e significativa com aumentos nos acionamentos para milho e soja, elevando os valores em aproximadamente 168% e 87,4%, respectivamente, enquanto para o trigo observou-se uma redução média de 166,4%, alinhando-se a evidências de impactos assimétricos de eventos extremos na agricultura sul-brasileira (Berlato et al., 2005; Torres et al., 2024; Zambrano-Medina et al., 2024).

Essa dinâmica reflete a associação de *La Niña* com redução no volume de chuvas e intensificação de frentes frias, resultando em maior frequência de estiagens e geadas, que afetam diferentemente as culturas conforme suas épocas de plantio (Carvalho, 2020; Climate Prediction Center, 2025). Milho e soja, cultivados principalmente na primavera-verão, exibem maior vulnerabilidade à redução de precipitação durante fases críticas como floração e enchimento de grãos, elevando riscos produtivos e acionamentos, conforme corroborado por Oñate-Paredes & Ozaki (2025) e Carvalho (2020), que destacam o déficit hídrico como principal fator de quebra na produtividade do milho (Carvalho, 2020; Oñate-Paredes & Ozaki, 2025). Inversamente, o trigo, semeado no outono-inverno e colhido na primavera, mostra menor suscetibilidade, com condições mais secas potencialmente favorecendo a qualidade dos grãos, como discutido por Chagas et al. (2021), explicando a redução nos acionamentos (Carvalho, 2020; Chagas et al., 2021).

Quanto aos preços agrícolas, um aumento de 1% no preço médio do milho está relacionado a um crescimento de cerca de 5,1% nos acionamentos do Proagro, mantidas constantes as demais variáveis, indicando risco moral onde produtores ajustam decisões para maximizar indenizações em cenários de preços elevados, possivelmente acionando o seguro em perdas parciais para garantir retornos atrativos (Wu et al., 2020; Dal Pozzo et al., 2025). Esse comportamento é intensificado em seguros subsidiados como o Proagro, com subsídios de 35% a 45% nos prêmios, incentivando oportunismo (Tabosa & Vieira Filho, 2021a; Dal Pozzo et al., 2025). Contrariamente, a quedas nos preços podem também impulsionar acionamentos, pois a venda pode não cobrir custos de produção, tornando o seguro mais vantajoso do que prosseguir com a lavoura (Wu et al., 2020; Dal Pozzo et al., 2025).

A produtividade média foi um fator expressivo para milho e trigo, com aumentos associados a maiores acionamentos, refletindo a expansão de áreas asseguradas e investimentos agrícolas que ampliam o número de operações seguradas e a exposição a riscos sistêmicos (Pimenta, 2020). Regiões de alta produtividade, como o Sul, concentram apólices do Proagro, criando um ciclo onde maior produtividade e crédito contratado elevam a vulnerabilidade a eventos climáticos adversos, impactando vastas áreas e resultando em acionamentos mais volumosos, como alertado por Ozaki & Dias (2009) e Torres et al. (2024), que enfatizam desafios à sustentabilidade financeira de programas como o Proagro devido à concentração geográfica e riscos catastróficos (Ozaki & Dias, 2009; Pimenta, 2020; Tabosa & Vieira Filho, 2021a; Torres et al., 2024).

Em relação à temperatura média, foi observada uma relação negativa para a soja, podendo ser atribuída à resiliência térmica da cultura que otimiza processos fisiológicos e diminui perdas (Siqueira et al., 1994; Tao et al., 2016). No entanto, variáveis isoladas como temperatura e precipitação não foram significativas para milho, sugerindo que fenômenos macro como *La Niña* exerçam influência dominante, sobrepondo a essas oscilações, conforme Amaral et al. (2023), que destacam a complexidade atmosférica e o papel limitante da restrição hídrica em cenários de seca (Siqueira et al., 1994; Tao et al., 2016; Amaral et al., 2023). Assim, enquanto temperaturas elevadas isoladamente podem beneficiar certas culturas, o efeito negativo da falta de chuva, especialmente durante *La Niña*, impulsiona perdas e acionamentos, reforçando a predominância do fator hídrico (Siqueira et al., 1994; Tao et al., 2016).

Em síntese, os resultados confirmam que *La Niña*, preços das *commodities* e produtividade são determinantes chave nos acionamentos do Proagro, e dialogam com o cenário internacional, onde programas públicos de seguro rural, como o *Federal Crop Insurance Program* dos Estados Unidos, também enfrentam dilemas semelhantes quanto à sustentabilidade financeira e aos efeitos comportamentais induzidos pelos subsídios (Smith & Glauber, 2012).

5 Conclusões

Os resultados deste estudo evidenciam que tanto os fatores climáticos quanto os econômicos exercem influência significativa sobre o acionamento do Proagro, com variações importantes entre as culturas analisadas na região Sul do Brasil. A ocorrência do fenômeno *La Niña* demonstrou impacto heterogêneo, intensificando os acionamentos para o milho e a soja, e reduzindo-os no caso do trigo, o que reforça a necessidade de políticas diferenciadas por cada tipo de cultura. Além disso, o papel do preço e da produtividade apontam para possíveis efeitos de risco moral e para a interação entre o seguro, o crédito rural e a intensificação produtiva.

Essas evidências ganham ainda mais relevância diante do atual contexto de mudanças climáticas e mudanças enfrentadas pelo Proagro. A crescente rigidez no acesso ao Programa ocorre em um cenário de aumento dos riscos climáticos e financeiros, o que pode comprometer sua efetividade de fato. Torna-se, portanto, necessário repensar a estrutura e o desenho do Proagro, integrando critérios de risco climático, financeiro e sustentabilidade fiscal.

O Proagro tem ficado mais “rígido” em termos de acesso, mas os fenômenos climáticos se intensificaram, assim o que se percebe é que o Proagro tem se distanciado do seu objetivo inicial que é proteger os produtores de riscos, apesar das ressalvas levantadas pela literatura em função dos tipos de riscos.

Dado o papel estratégico do Brasil na segurança alimentar global, é essencial que políticas públicas como o Proagro acompanhem as transformações do setor agrícola, fortalecendo a resiliência dos produtores e assegurando proteção adequada frente às adversidades, especialmente para os pequenos agricultores mais vulneráveis às perdas.

Os efeitos analisados como dos fenômenos climáticos podem variar conforme as localidades e grupos de culturas. Como sugestões de pesquisas novos estudos em outras regiões do Brasil podem ser úteis com o objetivo de mostrar a agropecuária de cada região pode responder às mudanças climáticas. Outros estudos também podem analisar os sinistros em localidades delimitadas para programas como o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) e locais não recomendados para determinadas culturas. Essas análises dos fatores climáticos inclusive podem auxiliar em outras políticas além do Proagro como o seguro rural em geral, crédito, zoneamento agrícola, entre outras.

Contribuições dos autores:

NTLA: Análise formal, Conceitualização, Curadoria dos dados, Redação do rascunho original, Redação – revisão e edição. AF: Redação – revisão e edição, Validação. GCM: Redação – revisão e edição, Validação. EP: Análise formal, Redação – revisão e edição, Validação.

Suporte financeiro

Os autores agradecem o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001) e o apoio financeiro da Universidade de Brasília, DPI/BCE/UnB através do Edital nº 001/2026 DPI/BCE/UnB.

Conflitos de interesses:

Nada a declarar.

Aprovação do conselho de ética

Não se aplica.

Disponibilidade de dados

Os dados da pesquisa estão disponíveis publicamente e estão disponíveis sob consulta pública.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pelo apoio financeiro.

* Autor correspondente:

Nathalia Tolentino de Lima Abreu. nathaliatolentino94@gmail.com

6 Referências

- Abreu, N. T. L. (2025). *Análise do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro), riscos climáticos para os estados do sul do Brasil: 2013 a 2023* (Dissertação de mestrado). Universidade de Brasília, Brasília.
- Amaral, T. A., Andrade, C. L. T., Cuadra, S. V., Monteiro, J. E. B. A., Guimarães, P. E. O., & Trindade, R. S. (2023). *Metodologia para o Zoneamento Agrícola de Risco Climático da produtividade do milho: ZarcPro-Milho*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo.
- Arias, D., Mendes, P., & Abel, P. (2015). *Revisão rápida e integrada da gestão de riscos agropecuários no Brasil: caminhos para uma visão integrada*. Brasília: Banco Mundial. Recuperado em 12 de dezembro de 2025, de <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1044224/1/Revisaorapidaeintegradadagestao.pdf>
- Assad, E. D., & Assad, M. L. R. C. L. (2024). Mudanças do clima e agropecuária: impactos, mitigação e adaptação. Desafios e oportunidades. *Estudos Avançados*, 38(112), 271-292. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.202438112.015>
- Baltagi, B. H. (2005). *Econometric analysis of panel data* (3rd ed.). West Sussex: John Wiley & Sons.
- Banco Central do Brasil – BACEN. (2024). *Matriz de Dados do Proagro*. Brasília.
- Baumgärtner, S., & Quaas, M. F. (2008). Agro-biodiversity as natural insurance and the development of financial insurance markets. In *Agrobiodiversity conservation and economic development* (pp. 317-341). Routledge.
- Berlato, M. A., Farenzena, H., & Fontana, D. C. (2005). El Niño e La Niña: efeitos sobre o desenvolvimento, o rendimento e o risco climático para culturas agrícolas no Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, 35(1), 13-20.
- Brasil. Presidência da República. (1988). Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília. Recuperado em 12 de dezembro de 2025, de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm

- Brasil. Presidência da República. (1954). Lei nº 2.168. Estabelece normas para instituição do seguro agrário. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília. Recuperado em 12 de dezembro de 2025, de <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1950-1959/lei-2168-11-janeiro-1954-361601-publicacaooriginal-1-pl.html>
- Brasil. Presidência da República. (1965). Lei nº 4.829. Institucionaliza o crédito rural. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília. Recuperado em 12 de dezembro de 2025, de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4829.htm
- Brasil. Presidência da República. (1973). Lei nº 5.969. Institui o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília. Recuperado em 12 de dezembro de 2025, de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/l5969.htm
- Brasil. Presidência da República. (1991, janeiro 18). Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991. Dispõe sobre a política agrícola. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília.
- Brasil. Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. (2025a). *Portal de Informações Agropecuárias*. Brasília.
- Brasil. Sistema de Suporte à Decisão na Agropecuária – SISDAGRO. (2025b). *Sistema de Suporte à Decisão na Agropecuária*. Brasília. Recuperado em 12 de dezembro de 2025, de <https://sisdagro.inmet.gov.br/sisdagro>
- Brasil. Ministério da Agricultura e Pecuária – MAPA. (2025c). *Agrostat: estatísticas de comércio exterior do agronegócio brasileiro*. Recuperado em 12 de dezembro de 2025, de <https://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html>
- Brisolara, C. S. (2013). *Proposições para o desenvolvimento do seguro de receita agrícola no Brasil: do modelo teórico ao cálculo das taxas de prêmio* (Tese de doutorado). Universidade de São Paulo. Recuperado em 12 de dezembro de 2025, de <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-02102013-141823/>
- Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (2010). *Microeconometrics using Stata*. College Station: Stata Press.
- Carvalho, A. L. (2020). Impacts of extreme climate events on Brazilian agricultural production. *Sustentabilidade em Debate*, 11(3), 197-210.
- Ceballos, F., Hazell, P., Hill, R., & Kramer, B. (2025). Agricultural insurance: policies and programs for reducing farmer risk. In *Policies and programs for reducing farmer risk* (pp. 245-264). Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute. E-book.
- Chagas, J. H., Fronza, V., Soares Sobrinho, J., Sussel, A. A. B., & Albrecht, J. C. (2021). *Tecnologia de produção de trigo sequeiro no Cerrado do Brasil Central* (40 p.). Brasília: Embrapa Trigo; Embrapa Cerrados.
- Climate Prediction Center – CPC. (2025). *National Weather Service*. Maryland. Recuperado em 12 de dezembro de 2025, de <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/>
- Coble, K. H., & Barnett, B. J. (2013). Why do we subsidize crop insurance? *American Journal of Agricultural Economics*, 95(2), 498-504. <https://doi.org/10.1093/ajae/aas093>
- Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CAN. (2016). *Safra de grãos 2015/2016 terá queda de 10,3% em consequência das adversidades climáticas*. Brasília: CNA Brasil. Recuperado em 12 de dezembro de 2025, de <https://www.cnabrazil.org.br/noticias/safra-de-gr%C3%A3os-2015-2016-ter%C3%A1-queda-de-10-3-em-consequ%C3%Aancia-das-adversidades-clim%C3%A1ticas>
- Costa, L. T. (2023). *Aspectos científicos, tecnológicos e inter-regionais do seguro agrícola: uma abordagem integrativa* (Tese de doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Recuperado em 12 de dezembro de 2025, de <http://hdl.handle.net/10183/270496>

- Dal Pozzo, B. S., Zorzi, A. L., & Ozaki, V. A. (2025). Agricultural insurance in soybean crops: impact factors on results of insurance companies. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 63, e284948. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2025.284948>
- Dolan, A. H. (2001). *Adaptation to climate change in agriculture: evaluation of options* (Occasional Paper, No. 26). Canadá: Department of Geography, University of Guelph. Recuperado em 12 de dezembro de 2025, de https://www.researchgate.net/publication/245190282_Adaptation_to_Climate_Change_in_Agriculture_Evaluation_of_Options
- Faccia, D., Parker, M., & Stracca, L. (2021). Feeling the heat: extreme temperatures and price stability. *SSRN Electronic Journal*, (2626). <https://doi.org/10.2139/ssrn.3981219>.
- Food and Agriculture Organization – FAO. (2015). *The impact of natural hazards and disasters on agriculture and food security and nutrition: a call for action to build resilient livelihoods*. Rome. Recuperado em 12 de dezembro de 2025, de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a9b93dc0-9b13-4644-96d0-fd8879e66007/content>
- Food and Agriculture Organization – FAO. (2023). *The impact of disasters on agriculture and food security 2023: avoiding and reducing losses through investment in resilience*. Rome.
- Greene, W. H. (2008). *Econometric analysis*. Prentice Hall.
- Hasegawa, T., Fujimori, S., Havlík, P., Valin, H., Bodirsky, B. L., Doelman, J. C., Fellmann, T., Kyle, P., Koopman, J. F. L., Lotze-Campen, H., Mason-D'Croz, D., Ochi, Y., Pérez Domínguez, I., Stehfest, E., Sulser, T. B., Tabeau, A., Takahashi, K., Takakura, J., van Meijl, H., van Zeist, W.-J., Wiebe, K., & Witzke, P. (2018). Risk of increased food insecurity under stringent global climate change mitigation policy. *Nature Climate Change*, 8(8), 699-703. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0230-x>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2024). *Levantamento sistemático da produção agrícola*. Recuperado em 12 de dezembro de 2025, de <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/lspa/tabelas>
- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. (1993). *Eventos generalizados e segurança agrícola. Relatório de análises feitas por técnicos do CER e da Universidade de Brasília (UnB), com ênfase em problemas estruturais do Proagro*. Brasília: IPEA.
- Knight, F. H. (1921). *Risk, uncertainty, and profit*. Boston.
- Kotz, M., Kuik, F., Lis, E., & Nickel, C. (2024). Global warming and heat extremes to enhance inflationary pressures. *Communications Earth & Environment*, 5(1), 116. <https://doi.org/10.1038/s43247-023-01173-x>
- Kotz, M., Donat, M. G., Lancaster, T., Parker, M., Smith, P., Taylor, A., & Vetter, S. H. (2025). Climate extremes, food price spikes, and their wider societal risks. *Environmental Research Letters*, 20(8), 081001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ade45f>
- Kumari, M., Chakraborty, A., Chakravarathi, V., Pandey, V., & Roy, P. S. (2024). Impact of climate and weather extremes on soybean and wheat yield using machine learning approach. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 38(9), 3461-3479. <https://doi.org/10.1007/s00477-024-02759-3>
- Loyola, P., Moreira, V. R., & Veiga, C. P. (2016). Analysis of the Brazilian Program of Subsidies for Rural Insurance Premium: evolution from 2005 to 2014. *Modern Applied Science*, 10(7), 87-98. <https://doi.org/10.5539/mas.v10n7p87>
- Loyola, P., & Schwantes, F., editores. (2020). *Guia de seguros rurais*. Brasília. Recuperado em 12 de dezembro de 2025, de https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/seguro_rural/publicacoes-seguro-rural/guia-dos-seguros-rurais

- Luiz, A. J. B., & Silva, F. A. M. (2024). Efeito do El Niño Oscilação Sul na produtividade da soja em Planaltina, DF. *Agrometeoros*, 32, e027577. <https://doi.org/10.31062/agrom.v32.e027577>
- Maddala, G. S., & Wu, S. (1999). A comparative study of unit root tests with panel data and a new simple test. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61(S1), 631-652. <https://doi.org/10.1111/1468-0084.0610s1631>
- Martínez, O. (2024). The impact of climate change on crop productivity and adaptation and mitigation strategies in agriculture. In S. Kanga, S. K. Singh, K. Shevkani, V. Pathak & B. Sajan (Eds.), *Transforming agricultural management for a sustainable future* (World Sustainability Series, pp. 1-20). Cham: Springer.
- Medeiros, E. A. (2013). Avaliação da Implementação do Programa de Subvenção do Prêmio do Seguro Rural. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 51(2), 295-308. <https://doi.org/10.1590/S0103-20032013000200005>
- Mota, A. L., Miquelluti, D. L., & Ozaki, V. A. (2020). Predição de sinistros agrícolas: uma abordagem comparativa utilizando aprendizagem de máquina. *Economia Aplicada*, 24(4), 533-554. <https://doi.org/10.11606/1980-5330/ea161194>
- National Oceanic Atmospheric Administration – NOAA. (2025). *W. S. Climate Prediction Center*. Washington, D.C.
- Neves, M. F. (2023). *Food crisis: planning in a turbulent future* (1st ed.). Ribeirão Preto: Funpec.
- Oliveira, C. A., & Pereira, R. M. (2025). Inadimplência no crédito rural no Brasil: uma avaliação econométrica do impacto dos fatores macroeconômicos. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 63, e292119. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2025.292119>
- Oliveira, J. J. (1995). *O impacto da crise fiscal brasileira dos anos 80 no crédito rural: mecanismos e instrumentos alternativos de financiamento agrícola* (Dissertação de mestrado). FGV EAESP, São Paulo. Recuperado em 12 de dezembro de 2025, de <https://hdl.handle.net/10438/5201>
- Oñate-Paredes, C., & Ozaki, V. A. (2025). Impacto de um mecanismo de seguro agrícola no crédito na agricultura familiar: evidência do “Proagro Mais” no Paraná. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 63, e266252. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2025.266252>
- Ozaki, V. A., & Dias, C. T. S. (2009). Análise e quantificação do risco para a gestão eficiente do portfólio agrícola das seguradoras. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 47(3), 549-567. <https://doi.org/10.1590/S0103-20032009000300001>
- Ozaki, V. A., Spolador, H. F. S., & Mello, P. C. (Eds.). *Estudos de risco e seguro no agronegócio brasileiro*. Rio de Janeiro: Funenseg, 2007.
- Pimenta, L. G. (2020). *Do Proagro ao seguro rural: uma análise da evolução da política agrícola de gestão de riscos climáticos na agropecuária brasileira*. Brasília: Escola Nacional de Administração Pública,. Recuperado em 12 de dezembro de 2025, de https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/6184/1/TCC%20Luciana%20Gontijo%20Pimenta_final.pdf
- Pintor, E., Silva, G. M., & Piacenti, C. A. (2015). Crédito rural e crescimento econômico no Brasil. *Revista de Política Agrícola*, 24(1), 5-19. Recuperado em 3 de janeiro de 2025, de <https://rpa.sede.embrapa.br/RPA/article/view/962>
- Ramos, S. Y., & Martha Junior, G. B. (2010). *Evolução da política de crédito rural brasileira*. Planaltina: Embrapa Cerrados.
- Ray, D. K., West, P. C., Clark, M., Gerber, J. S., Prishchepov, A. V., & Chatterjee, S. (2019). Climate change has likely already affected global food production. *PLoS One*, 14(5), e0217148. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217148>

- Rodrigues, M. S., Carmo, D. G., Carvalho, S. A., Ferreira, D. S., Barreto, A. B., Lopes, B. Q., & Moura, A. D. (2023). O Programa de Garantia Agropecuária (PROAGRO) como um instrumento de defesa sanitária vegetal no Brasil: o caso do milho no período 2015 a 2022. *Research, Society and Development*, 12(10), e103121043494. <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i10.43494>
- Sanches, F. O., Verdum, R., & Fisch, G. (2014). O índice de anomalia de chuva (IAC) na avaliação das precipitações anuais em Alegrete/RS (1928-2009). *Caminhos de Geografia*, 15(51), 73-84. <https://doi.org/10.14393/RCG155126423>
- Santos, C. V., Oliveira, A. F., & Ferreira Filho, J. B. S. (2021). Potential impacts of climate change on agriculture and the economy in different regions of Brazil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 60(1), e220611. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.220611>
- Santos, W., & Martins, J. (2016). O zoneamento agrícola de risco climático e sua contribuição à agricultura brasileira. *Revista de Política Agrícola*, 25(3), 73-94.
- Silva, J. A., Teixeira, M. S. G., & Santos, V. G. (2014). Avaliação do Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural – 2005 a 2012. *Revista de Política Agrícola*, 23(1), 105-118. Recuperado em 12 de dezembro de 2025, de <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/seguro-rural/observatorio-do-seguro-rural/estudos/estudos-2014/2014-jose-alderir-da-silva-avaliacao-do-programa-de-subvencao-ao-premio-do-seguro-rural20132005-a-2012.pdf>
- Silva, R., & Gosmann, M. (2024). A atuação do Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural em áreas produtoras de soja no Rio Grande do Sul: uma abordagem espacial. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 62(1), e304982. Recuperado em 12 de dezembro de 2025, de <https://www.scielo.br/j/resr/a/gmDC9zrGkdWwcbzrnt4MC5D/>
- Silveira, P. A. J., Buainain, A. M., Madi, M. A. C., Vieira, A. C. P., Souza, R. P., Ojima, A. L. R. D. O., Veira, J. M. F. J. D., Silveira, P. A. J., Buainain, A. M., Madi, M. A. C., Vieira, A. C. P., Souza, R. P., Ojima, A. L. R. D. O., & Veira, J. M. F. J. D. (2008). Seguro rural no Brasil: experiências e proposições para um modelo integrado de gestão do risco agrícola (MIGRA). In *XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*. SOBER.
- Siqueira, O., Farias, J., Sans, L. (1994). Potential effects of global climate change for brazilian agriculture and adaptive strategies for wheat, maize and soybean. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 2, 115-129.
- Smith, V. H., & Glauber, J. W. (2012). Agricultural insurance in developed countries: where have we been and where are we going? *Applied Economic Perspectives and Policy*, 34(3), 363-390. <https://doi.org/10.1093/aepp/pps029>
- Tabosa, F. J. S., & Vieira Filho, J. E. R. (2021a). Análise do Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural e seu impacto na área plantada e na produtividade agrícola dos segurados no Brasil. *Revista Planejamento e Políticas Públicas*, (58), 73-100. <https://doi.org/10.38116/ppp58art3>
- Tabosa, F. J. S., & Vieira Filho, J. E. R. (2021b). Análise espacial do Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR) e seu impacto na área plantada e na produtividade agrícola no Brasil. *Revista Econômica do Nordeste*, 52(1), 27-43. <https://doi.org/10.61673/ren.2021.1009>
- Tao, F., Zhang, Z., Zhang, S., & Rötter, R. P. (2016). Variability in crop yields associated with climate anomalies in China over the past three decades. *Regional Environmental Change*, 16(6), 1715-1723. <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0920-0>
- Torres, R., Dal Pozzo, B. S., & Ozaki, V. A. (2024). Efeitos do El Niño e La Niña no clima e seguro agrícola na região sul do Brasil. In *Anais do Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural - SOBER*, Palmas, TO. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP. Recuperado em 12 de dezembro de 2025, de <https://repositorio.usp.br/item/003222621>

- Universidade de São Paulo – USP. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA. (2024). *PIB do agronegócio mantém queda no segundo trimestre, acumulando recuo de 3,5% em 2024*. São Paulo: CEPEA Brasil. Recuperado em 12 de dezembro de 2025, de <https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/PIB-DO-AGRONEGOCIO-MANTEM-QUEDA-NO-SEGUNDO-TRIMESTRE.pdf>
- Vieira Filho, J. E. R., & Fishlow, A. (2017). *Agricultura e indústria no Brasil: inovação e competitividade*. Brasília: Ipea.
- Wang, H. H., Tack, J. B., & Coble, K. H. (2020). Frontier studies in agricultural insurance. *Geneva Papers on Risk and Insurance - Issues and Practice*, 45, 1-4.
- Wedekin, I. (2019). *Política agrícola no Brasil: o agronegócio na perspectiva global*. São Paulo: WDK Agronegócio.
- World Bank. (2005). *Managing agricultural production risk: innovations in developing countries*. Washington, D.C.: World Bank.
- Wu, S., Goodwin, B. K., & Coble, K. (2020). Moral hazard and subsidized crop insurance. *Agricultural Economics*, 51(1), 131-142. <https://doi.org/10.1111/agec.12545>
- Zambrano-Medina, Y. G., Avila-Aceves, E., Perez-Aguilar, L. Y., Monjardin-Armenta, S. A., Plata-Rocha, W., Franco-Ochoa, C., & Chávez-Martínez, O. (2024). The impact of climate change on crop productivity and adaptation and mitigation strategies in agriculture. In S. Kanga, S. K. Singh, K. Shevkani, V. Pathak & B. Sajan (Eds.), *Transforming agricultural management for a sustainable future* (World Sustainability Series). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-63430-7_1.

Recebido: Dezembro 12, 2025;

Aceito: Abril 04, 2026

JEL Classification: Q1; Q15

Editor de seção: Daniel Arruda Coronel