



EXPANSÃO DA ÁREA CULTIVADA COM SOJA NO RIO GRANDE DO SUL: SEUS EFEITOS SOBRE O SEGURO AGRÍCOLA EXPANSION OF SOYBEAN CULTIVATION AREA IN RIO GRANDE DO SUL: ITS EFFECTS ON AGRICULTURAL INSURANCE

André Luis Zorzi

Universidade de São Paulo (USP/ESALQ)

andrezorzi@usp.br

Ronaldo Torres

Universidade de São Paulo (USP/ESALQ)

torresronaldobr@gmail.com

Vitor Augusto Ozaki

Universidade de São Paulo (USP/ESALQ)

vitorozaki@usp.br

Gilson Martins

Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Gilson.martins@ufpr.br

Grupo de Trabalho (GT): GT7. Desenvolvimento rural, territorial e regional

Resumo

Este trabalho analisou a evolução do processo de expansão do cultivo da soja nas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul no período de 2001 a 2020. Utilizando a metodologia Shift-Share foi possível observar o efeito escala e substituição da composição das áreas cultivadas nas diferentes regiões do estado. Além disso, através do coeficiente de variação da produtividade da soja, foi construído um índice de risco relativo. Os resultados obtidos mostram uma expansão da área de soja que ocorreu principalmente sobre áreas de campos, onde 1,58 milhões de hectares foram convertidos em áreas de soja, seguida pela cultura de milho que teve área de 336 mil hectares convertidos. A região Sul do estado, que é favorecida comercialmente pela presença do Porto do Rio Grande, está entre as regiões que tiveram o pior desempenho de produtividade e os mais altos índices de risco relativo para a cultura de soja.

Palavras-chave: Shift-Share, soja, agricultura

Abstract

This work analyzed the evolution of the expansion process of soybean cultivation in the mesoregions of the state of Rio Grande do Sul from 2001 to 2020. Using the Shift-share methodology, it was possible to observe the scale effect and substitution of the composition of the cultivated areas in different regions of the state. In addition, through the coefficient of variation of soybean productivity, a relative risk index was constructed. The results obtained show an expansion of the soybean area that occurred mainly over fields, where 1.58 million hectares were converted into soybean areas, followed by the corn crop, which had an area of 336 thousand hectares converted. The Southern region of the state, which is commercially favored by the presence of the Porto of Rio Grande, is among the regions that had the worst productivity and the highest rates of relative risk for soybeans.

Key words: Shift-share, soybeans, agriculture

1. Introdução

A importância do Rio Grande do Sul no desenvolvimento da agricultura é historicamente reconhecida. Desde sua introdução, o estado se tornou referência nacional no cultivo da leguminosa. O estado que produzia 3,3 milhões de hectares em 2001, cultivou 6 milhões de hectares 20 anos depois segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). Em 2020, a cultura da soja teve uma participação relativa de 76% sobre o cultivo total das culturas temporárias de verão, destacando uma grande relevância e predominância deste cultivo no estado conforme os dados Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Além disso, o Rio Grande do Sul é o segundo estado com a maior demanda por seguros agrícolas, ficando somente atrás do estado do Paraná. Destaca-se ainda que no período de 2006 à 2020, o Rio Grande do Sul foi o estado que mais pagou indenizações de seguros rurais, totalizando 1,83 bilhões que correspondem a 69,89% do prêmio total segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). O objetivo do seguro agrícola, conforme destaca Ozaki & Dias (2009), é indenizar o produtor toda vez que sua produtividade se situe em um patamar abaixo da produtividade garantida pela seguradora. Em situações onde os riscos não são bem definidos, o pagamento de indenizações pode afetar o balanço financeiro das seguradoras e por consequência afetar o desenvolvimento do mercado de seguros.

Desta maneira, o presente trabalho pretende avaliar a dinâmica do processo de expansão da soja no estado do Rio Grande do Sul no período de 2001 a 2020, buscando identificar em quais mesorregiões esse processo ocorreu com maior intensidade. Além disso, sendo a agricultura uma atividade que apresenta elevado grau de risco, torna-se necessário o estudo de um indicador de comportamento do risco nas mesorregiões onde o processo de substituição foi significativo. O presente estudo é fundamental para colaborar com a tomada de decisões dos produtores da região e para a avaliação dos riscos do mercado de seguros no estado.

Além desta breve introdução, a seção 2 apresenta a revisão de literatura sobre o tema proposto. As seções 3 e 4 apresentam a metodologia e as bases de dados utilizadas neste trabalho. Na quinta seção são apresentados os resultados obtidos. A última seção apresenta as considerações finais do trabalho.

2. Fundamentação Teórica

O Rio Grande do Sul é o terceiro maior produtor de soja do país, o que o coloca em uma situação de grande relevância no cenário nacional. Nos últimos anos, a valorização da soja no mercado internacional impulsionou o seu cultivo em algumas áreas no estado, ocupando extensões que anteriormente eram destinadas para outros tipos de culturas (Lemos & Rizzi, 2020). As razões econômicas para o estudo do processo de substituição de culturas são as mais diversas, pois envolvem riscos e tomadas de decisões de diferentes agentes.

Visando dimensionar a expansão da agricultura na região do Rio da Prata, comparando mudanças na estrutura da paisagem entre 1985-1989 e 2002-2004, Baldi & Paruelo (2008) descrevem que a área de cobertura por pastagem (Pampa) reduziu sua participação de 67,4% para 61,4% no período do estudo. Essa redução está associada a um aumento na área de culturas anuais como soja, girassol, trigo e milho em decorrência de fatores tecnológicos e condições de mercado.

A expansão da agricultura no estado do Rio Grande do Sul foi analisada por Mengue *et al.* (2018), Silveira *et al.* (2017) e Lemos & Rizzi (2020). Os resultados mostraram um incremento significativo da fronteira agrícola sobre as áreas de campos. Além disso, observou-se uma maior projeção da produção de soja em áreas que antes eram destinadas à cultura do arroz. De acordo com os autores, a expansão da área destinada para o cultivo de soja ganhou força a partir do ano de 2000, quando a valorização do preço da commodity incentivou o avanço da produção em novas áreas.

A substituição de culturas não é um evento que ocorre apenas no estado do Rio Grande do Sul. No contexto Nacional, Souza *et al.* (2007), avaliaram o efeito substituição em áreas de plantio de soja, milho, cana-de-açúcar e pastagem. Os resultados obtidos indicam que a área de cana-de-açúcar estaria substituindo as áreas de milho, enquanto que a área de lavoura de soja estaria substituindo as áreas de pastagem, cana-de-açúcar e milho. No trabalho de Freitas (2022), avaliou-se a expansão da agricultura sobre a região do Matopiba no período de 1994 à 2019. Utilizando o Índice de Hirschman-Herfindahl, identificou-se que as mesorregiões

localizadas no Matopiba presenciaram uma expansão das culturas de algodão e soja, que está relacionada às mudanças estruturais na cadeia do agronegócio brasileiro e também a recente ocupação de terras desbravadas.

Diversos autores da literatura adotaram o modelo Shift-Share para estudar a dinâmica da expansão da agricultura no Brasil. Esse procedimento assume que a área agricultável se modifica em determinado período em decorrência do tamanho ou substituição da cultura. Utilizando essa metodologia, os estudos de Lourenzani & Caldas (2014) e Kodama & Lourenzani (2021) avaliam a expansão da cultura da cana-de-açúcar para o estado de São Paulo. Constatou-se uma mudança no uso da terra na região Oeste Paulista, onde observou-se uma expansão da área cultivada de cana-de-açúcar em áreas que antes pertenciam a atividade pecuária bovina e à produção de outros alimentos.

No estado de Goiás, os trabalhos de Abdala & Ribeiro (2011) e Silva *et al.* (2016), também utilizando a metodologia Shift-Share, destacam que as culturas de cana-de-açúcar, soja e milho passaram a substituir outras culturas como pastagens, algodão, arroz e feijão. Este processo de substituição é associado à menores custos de produção das culturas em expansão. O destaque foi a produção de cana-de-açúcar, associada a tendência de intensificação da produção de biomassa para biocombustíveis, reforçando o argumento das vantagens locais e dos investimentos em tecnologia que alteram a composição da produção e localização das culturas.

A expansão das culturas agrícolas para novas áreas envolve riscos relacionados à sinistros que são de difícil identificação por parte dos produtores. Nesse sentido, conforme destaca Fornazier *et al.* (2012), a disseminação do seguro rural é importante para que os agricultores minimizem os riscos de perdas em suas atividades, proporcionando recuperação da capacidade financeira do produtor na eventualidade de sinistros.

Em relação ao Rio Grande do Sul destacam-se os riscos relacionados a deficiência hídrica para vários cultivos agrícolas, incluindo a soja. Estudos realizados por Gonçalves *et al.* (2018) e Monteiro *et al.* (2020) indicam que a região sul do estado é a que apresenta os maiores riscos associados ao clima e a produtividade. No entanto, a presença do Porto nessa região impulsiona o cultivo pela facilidade do escoamento da produção.

Assim como os produtores, as seguradoras também passam por dificuldades na identificação de riscos relacionados à sinistros em novas áreas agrícolas. De acordo com Ozaki & Dias (2009), a análise de quantificação do risco é fundamental para que as seguradoras possam precificar adequadamente seus produtos, possibilitando trabalhar com risco diversificado em regiões de baixo, médio e alto risco sem comprometer a saúde financeira da seguradora.

De uma forma geral, o processo de expansão ou substituição das culturas agrícolas ocorre em todas as regiões do país e essas novas áreas estão associadas a um nível desconhecido de risco. Para precificar corretamente os riscos associados à produção, o mercado precisa de um estudo otimizado sobre esses eventos. Portanto, a mensuração do risco contribui tanto com os produtores como também com o mercado de seguros.

3. Metodologia

Para avaliar o processo de substituição de culturas, utiliza-se o modelo Shift-Share. Este modelo permite avaliar as alterações na produção de diferentes culturas agrícolas em decorrência dos efeitos de modificações na composição da área. Dessa forma, a variação da área ocupada por determinada cultura no sistema de produção é expressa como:

$$(A_{cf} - A_{ci}) \quad (1)$$

Para medir a variação da expansão da área total de todas as culturas, utiliza-se o λ , que é obtido através de $\lambda = AT_f/AT_i$, onde AT_f e AT_i são as áreas de todas as culturas agrícolas no período final e inicial da análise, respectivamente. Desta maneira, a equação 1 pode ser reescrita como:

$$(A_{cf} - A_{ci}) = (\lambda A_{ci} - A_{ci}) + (A_{cf} - \lambda A_{ci}) \quad (2)$$

Na equação 2, observa-se dois efeitos: o efeito escala $(\lambda A_{ci} - A_{ci})$; e o efeito substituição $(A_{cf} - \lambda A_{ci})$, onde, A_{cf} e A_{ci} representam a área de determinada cultura no período final e inicial da análise, respectivamente.

No modelo Shift-Share optou-se pela realização da análise sobre as 7 mesorregiões¹ do Rio Grande do Sul, onde o período inicial (i) é o ano de 2010 e o período final (f) é o ano de 2020. As áreas das culturas utilizadas nessa análise são: arroz, milho, soja e a área de campos que é destinada a pecuária.

O cálculo do risco relativo é baseado na abordagem realizada por Ozaki & Dias (2009) que utiliza uma métrica de quantificação do risco com base na variabilidade temporal de uma variável. Nesse caso utiliza-se o coeficiente de variação (CV) da rentabilidade da cultura como medida de risco, sendo $CV_x = (\sigma/\mu) \times 100$, onde μ é a média e σ o desvio padrão. A utilização do CV_x possui a vantagem da métrica ser adimensional, possibilitando a comparação entre diferentes regiões.

Na etapa do cálculo do risco, somente será considerada a cultura da soja, principal cultivar do estado, para todos os municípios do Rio Grande do Sul. O período de análise compreende aos anos de 2001 à 2020, sendo que por motivos de estabilidade² dos resultados serão analisados somente aqueles municípios em que as séries apresentam dados para todo o período de análise.

Após a realização do cálculo do risco relativo será avaliado em dois tipos de classificação para análise dos efeitos do risco: primeiro separando a análise por mesorregião; e segundo por uma classificação que verifica aqueles que tiveram uma maior expansão da soja. Na primeira etapa será comparado o risco de acordo com a mesorregião em que se localiza o município, permitindo assim, uma comparação com os resultados obtidos pelo Shift-Share que avalia os efeitos substituição de culturas, identificando de quais regiões a expansão da área com soja, que possibilitou a avaliar se o Risco Relativo é maior que nas demais regiões.

Já na segunda etapa, criou-se uma classificação dos municípios que tiveram um alto aumento na proporção da área de soja cultivada. Para isso foram classificados em um grupo os municípios que tiveram expansão da cultura da soja acima de 10% como calculado na equação 3, enquanto no outro grupo serão alocados aqueles municípios que tiveram redução ou aumento do cultivo da soja em menos de 10%.

$$IP_i = \frac{\sum_t \text{Área Soja}_{i,t}}{\sum_t \text{Área Total}_{i,t}} - \frac{\sum_t \text{Área Soja}_{i,t+10}}{\sum_t \text{Área Total}_{i,t+10}} \text{ para } i = 1, \dots, 497 \text{ e } t: 2001, \dots, 2010 \quad (3)$$

¹ São elas: Centro Ocidental, Centro Oriental, Metropolitana, Nordeste, Noroeste, Sudeste, Sudoeste

² Devido a séries de certos municípios apresentarem dados faltantes, e ao apresentarem poucas observações acarretará problemas na estimação do desvio padrão por não conseguir captar o grau de dispersão da série, enviesando os resultados do CV

Para obter-se o cálculo do percentual da variação da participação da área da cultura da soja nas culturas temporárias, os dados da área do cultivo de soja e do total das culturas temporárias representados pela equação 3 foram separados em dois períodos: de 2001 à 2010 e de 2011 à 2020.

Após a classificação que identificou quais municípios tiveram um maior aumento, comparou-se ambos os grupos em relação ao risco relativo, para ver se ambos os grupos possuem efeitos semelhantes. Para isso utilizou-se dois testes que comparam a mediana dos grupos, sendo eles: o Teste de Wilcoxon e o Teste de Kruskal-Wallis.

O teste de Wilcoxon (1945) é um teste de hipóteses não paramétrico que é utilizado para comparar duas amostras relacionadas, testando se as medianas das amostras são iguais. Já o teste de Kruskal-Wallis é um método não paramétrico para testar se as amostras se originam da mesma distribuição, usado para comparar duas ou mais amostras independentes (Kruskal & Wallis, 1952).

Por fim, foi avaliado a distribuição das indenizações da cultura da soja para as mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul. Utilizou-se o Índice de sinistralidade que é a relação custos (indenizações) e a receitas (Prêmio total) demonstrado na equação 4:

$$IS = \left(\frac{Sinitro}{Prêmio Total} \right) \times 100 \quad (4)$$

Onde IS é o valor do Índice de Sinistralidade, em que o sinistro é o valor das indenizações pagas a cultura da soja e Prêmio Total é o valor recebido pela seguradora por parte do produtor rural mais a subvenção por meio de auxílio financeiro do governo federal.

Para aplicação da metodologia, foram coletados dados sobre as culturas agrícolas do arroz, milho e soja junto a Produção Agrícola Municipal (PAM) disponíveis no IBGE e que compreendem ao período de 2000 até 2020. Além disso, os dados para avaliação do seguro rural para a cultura da soja nos municípios do estado do Rio Grande do Sul foram coletados no site do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e compreendem ao período de 2011 a 2020. Por fim, os dados referentes às áreas de campos, foram obtidos junto ao MAPABIOMAS.

4. Resultados e Discussão

A Tabela 1 mostra que a distribuição da área cultivada no estado do Rio Grande do Sul passou por grandes transformações durante o período de 2001 à 2020. A cultura do arroz apresentou uma expansão significativa nos primeiros anos da análise. No entanto, é possível observar uma tendência de redução na área de cultivo dessa cultura após o ano de 2014.

Nas áreas destinadas ao campo e ao cultivo de milho, observou-se uma tendência de redução das áreas cultivadas durante todo o período do estudo. Entre os anos de 2001 e 2020, a redução foi de 26,5% (2,53 milhões de hectares) para os campos e de 55,2% (924 mil hectares) para a cultura do milho. Em contrapartida, a área de soja neste período apresentou uma tendência de expansão.

É possível observar um aumento de 101,5% (3,02 milhões de hectares) na área cultivada de soja. Essa expansão já foi abordada por outros autores (Mengue *et al.*, 2018; Lemos & Rizzi, 2020); Silveira *et al.*, 2017). A justificativa para essa expansão está relacionada a valorização do preço da commodity no mercado internacional e a introdução de novas técnicas agrícolas que garantiram uma lucratividade superior em relação as demais culturas.

Tabela 1: Estatísticas descritivas para a área plantada ou de campos (Mil Hectares) no Rio Grande do Sul

Ano	Arroz	Campo	Milho	Soja
2001	953	9.543	1.675	2.976
2002	983	9.515	1.464	3.307
2003	962	9.490	1.416	3.591
2004	1.056	9.187	1.303	3.984
2005	1.055	9.180	1.206	4.179
2006	1.023	9.179	1.422	3.868
2007	942	9.184	1.365	3.890
2008	1.065	9.059	1.385	3.804
2009	1.110	8.983	1.385	3.823
2010	1.101	8.893	1.151	4.021
2011	1.169	8.617	1.100	4.075
2012	1.042	8.395	1.119	4.269
2013	1.085	8.119	1.033	4.727
2014	1.114	7.895	925	4.990
2015	1.127	7.824	854	5.263
2016	1.088	7.764	740	5.464
2017	1.104	7.680	831	5.541
2018	1.068	7.531	706	5.709
2019	982	7.384	763	5.843
2020	951	7.014	751	5.996

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Produção Agrícola Municipal de 2001 a 2020 disponíveis no IBGE e MAPABIOMAS de 2001 a 2020.

A Tabela 2 mostra os resultados obtidos pelo método Shift-Share. Entre os anos de 2011 à 2020, somente a cultura da soja teve um efeito substituição positivo para todas as mesorregiões. É possível observar que a cultura do arroz transferiu área para o cultivo da soja com mais intensidade nas mesorregiões Sudeste e Sudoeste (aproximadamente 30 e 23,5 mil hectares, respectivamente). Essas mesorregiões também foram as que mais concederam áreas de campos para a cultura de soja (aproximadamente 333,3 e 514,5 mil hectares). Em termos gerais, as áreas que antes eram destinadas a campos foram as que mais passaram por um processo de transformação e conversão em áreas de cultivo de soja.

Tabela 2: Efeito-substituição (ES) atribuído as culturas que cederam área para cultura da soja, em hectares, nas Mesorregiões do Rio Grande do Sul, entre 2011 e 2020

Mesorregiões	Arroz	Campo	Milho	Total
Centro Ocidental	14.783	283.561	27.053	325.398
Centro Oriental	15.502	50.784	106.235	172.522
Metropolitana	15.949	100.642	14.772	131.364
Nordeste	49	88.368	30.703	119.120
Noroeste	5.849	212.437	120.381	338.668
Sudeste	30.072	333.313	32.503	395.889
Sudoeste	23.517	514.551	4.882	542.951

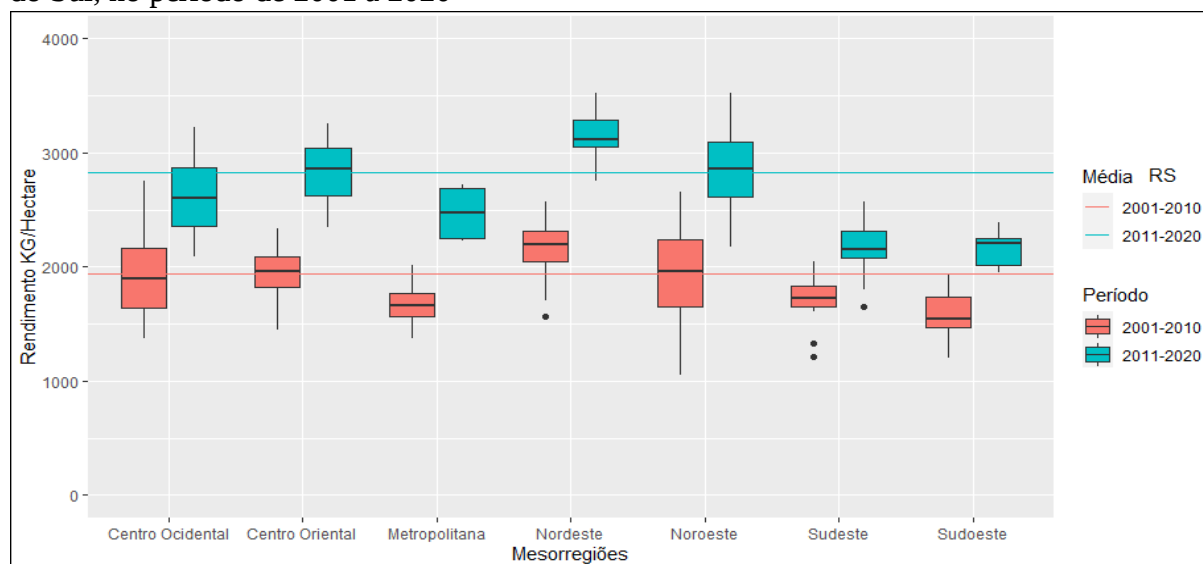
Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Produção Agrícola Municipal de 2001 a 2020 disponíveis no IBGE e MAPABIOMAS de 2001 a 2020.

As áreas que antes eram destinadas ao cultivo da cultura do milho também tiveram redução em sua área cultivada. Essa redução foi convertida em áreas destinadas ao cultivo da soja, destacando-se aqui as mesorregiões Noroeste e Centro Oriental que tiveram as maiores conversões de área, sendo 120mil e 106 mil hectares, respectivamente. Essa substituição pode ter convertido áreas de produtividade igual ou até superiores, uma vez que o cultivo de milho sempre competiu com o cultivo da soja por espaço.

A Figura 1 apresenta os rendimentos por hectare da produção de soja no período de expansão. Observou-se um aumento da produtividade média em todas as mesorregiões no período de 2011 à 2020 quando comparado com o período de 2001 à 2010. No primeiro período, a rentabilidade por hectare foi de 1936 kg, enquanto no segundo período essa rentabilidade passou para 2828kg. Esse aumento de produtividade se deve a utilização de novas tecnologias e implementos agrícolas que melhoraram o manejo da produção. Outro aspecto importante é a difusão da soja transgênica que permite o controle de plantas daninhas e possibilita o melhor uso dos nutrientes pela soja, melhorando a sua produtividade (Embrapa, 1997).

Quando comparada a produtividade por hectare da soja nas diferentes mesorregiões (Figura 1) com os resultados da expansão da soja sobre as demais culturas (Tabela 2), observa-se que as regiões Sudeste e Sudoeste, que tiveram sua expansão com maior intensidade para áreas não agrícolas (área de campo), também foram as que apresentaram os piores resultados de rendimento por hectare. Essas mesorregiões de campos possuem menores produtividades devido a presença de solos mais arenosos, onde o potencial agrícola é menor em relação as regiões que possuem solos argilosos (Fontana *et al.*, 2020).

Figura 1: Resultados do rendimento da soja (KG/Hectare) para as mesorregiões do Rio Grande do Sul, no período de 2001 a 2020



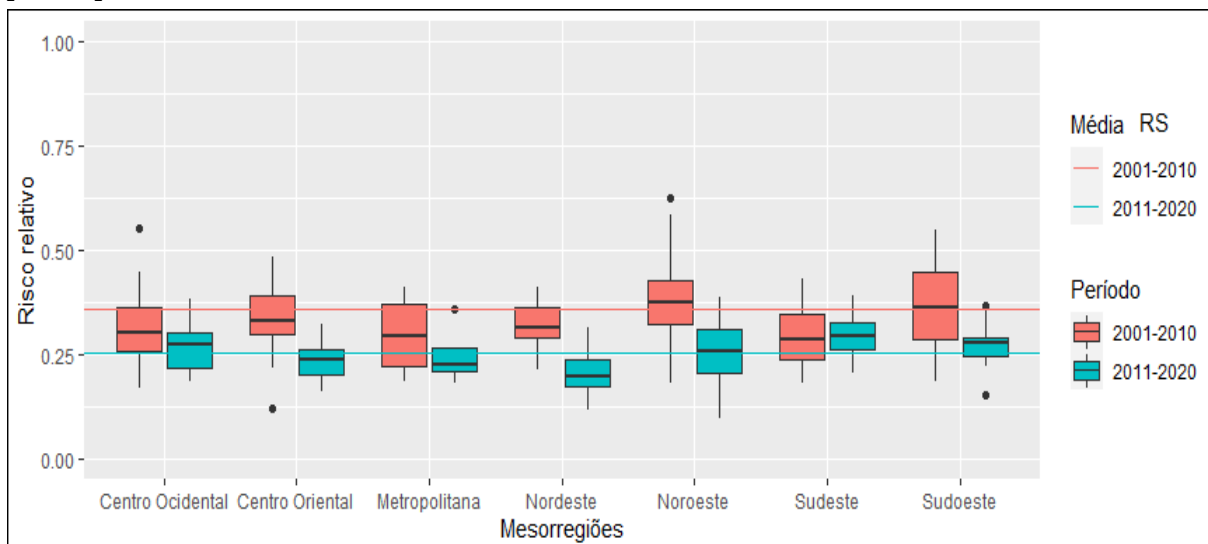
Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Produção Agrícola Municipal de 2001 a 2020 disponíveis no IBGE.

No entanto, embora tenham produtividades menores do que as demais mesorregiões do estado, Sudeste e Sudoeste possuem vantagens logísticas por estarem localizadas próximas ao Porto de Rio Grande. Como destacado por Gonçalves *et al.* (2018), em regiões próximas ao Porto, os agricultores compensam perdas relativas de produtividades com melhores preços e isso favorece a expansão da soja para a região Sul do estado.

As mesorregiões Noroeste e Centro Oriental foram as que apresentaram maior substituição de lavouras de milho por soja. Essas regiões continuaram com produtividades acima da média para o estado no período de 2011 à 2020. Esse fato evidencia que as novas áreas incorporadas têm solos melhores ou tão bons quanto àquelas áreas que eram destinadas à cultura da soja anteriormente, uma vez que a expansão da soja não reduziu a produtividade dessas mesorregiões.

A figura 2 apresenta a análise do risco relativo da cultura de soja utilizando o Coeficiente de Variação da Rentabilidade (KG/hectare) da Soja para os períodos de 2001 à 2010 e de 2011 à 2020. Os resultados indicam que as mesorregiões apresentaram uma redução de risco no segundo período em comparação ao primeiro, com exceção para a mesorregião Sudeste que apresentou uma pequena elevação do risco. Essa região está entre as que mais incorporaram áreas cultivadas.

Figura 2: Resultados do risco relativo da soja por mesorregião no estado do Rio Grande do Sul para o período de 2001 à 2020



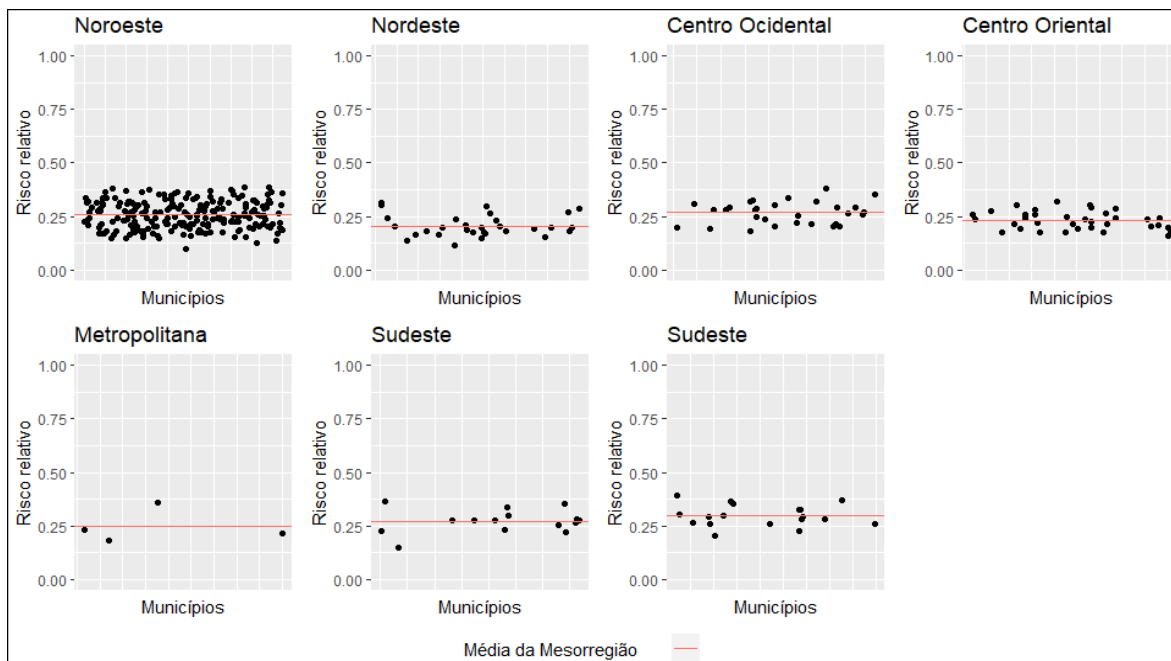
Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Produção Agrícola Municipal de 2001 a 2020 disponíveis no IBGE.

As mesorregiões Centro Ocidental, Sudeste e Sudoeste foram as que apresentaram Risco Relativo acima da média no período de 2011 à 2020. Além disso, também foram as que apresentaram o maior efeito substituição neste período. Destaca-se que 62.40% das conversões de áreas destinadas à outras culturas para áreas de soja aconteceram nessas três mesorregiões. Por outro lado, a mesorregião Nordeste que apresentou o menor efeito substituição no período também foi a que apresentou o menor índice de risco.

A relação entre a intensidade da expansão da soja com o maior risco relativo pode ser explicada pela fase de transição e adequação do solo nessas áreas que são menos produtivas e mais suscetíveis a quebras de produção. Além disso, as áreas de campos, que foram as que mais abriram espaço para o aumento no cultivo da soja, possuem menor potencial agrícola pela presença de solos arenosos que afetam a produtividade (Fontana *et al.*, 2020).

A Figura 3 apresenta a distribuição do risco relativo dos municípios do estado de acordo com a sua mesorregião. É possível observar uma grande concentração de pequenos municípios produtores de soja na mesorregião Noroeste do estado. As condições climáticas, do solo e topográficas dessa região favorecem o desenvolvimento da cultura da soja, reduzindo o risco relativo e destacando a região na produção de grãos (Trennepohl & Paiva, 2011).

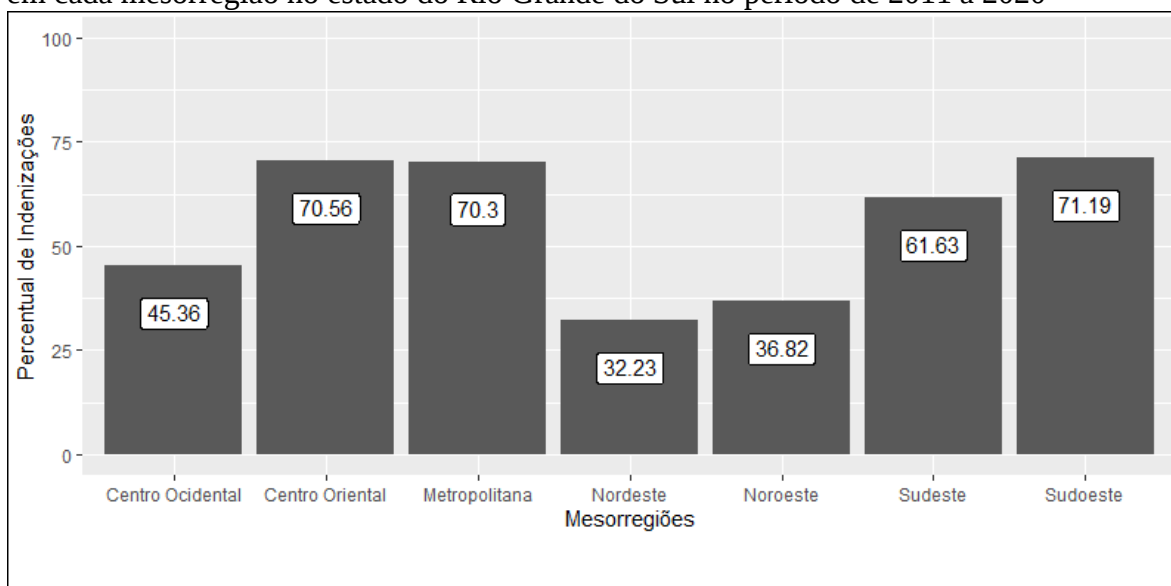
Figura 3: Distribuição do risco relativo dos municípios por mesorregião do estado do Rio Grande do Sul no período de 2011 à 2020



Fonte: Elaboração própria com base nos dados Produção Agrícola Municipal de 2001 a 2020 disponíveis no IBGE.

A Figura 4 mostra que as mesorregiões Nordeste e Noroeste, que tiveram o menor coeficiente médio para o risco relativo, também foram as que receberam o menor percentual do prêmio total em pagamento de indenizações por parte das seguradoras. Por outro lado, a mesorregião Sudoeste, que apresentou um risco relativo alto em comparação com as demais mesorregiões, foi a que teve o maior valor do prêmio convertido ao pagamento de indenizações.

Figura 4: Percentual do prêmio total destinado a pagamento de indenizações na cultura da soja em cada mesorregião no estado do Rio Grande do Sul no período de 2011 à 2020



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)

A próxima etapa da avaliação classificou os municípios em dois grupos para dois períodos distintos (Safras de 2001 à 2010 e safras de 2011 à 2020). No grupo de "redução" foram associados aqueles municípios onde o aumento da área de soja não ultrapassou os 10%, enquanto no segundo grupo foram associados aqueles municípios onde a expansão do cultivo da soja foi superior a 10%, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3: Comparação do Risco relativo e produtividade entre as áreas que se teve ou não expansão do cultivo da cultura da Soja no período de 2001 à 2020

Produtividade e Risco	Safras 2001 à 2010		Safras 2011 à 2020	
	Redução	Aumentou	Redução	Aumentou
Média	0,374	0,347	0,272	0,24
Mediana	0,366	0,338	0,275	0,228
Produtividade	1.855	1.997	2.746	2.829

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Produção Agrícola Municipal de 2001 a 2020 disponíveis no IBGE

Em média, nos dois períodos da análise, os municípios que apresentaram redução no cultivo da soja também tiveram um coeficiente do risco relativo maior do que os municípios que aumentaram o cultivo. A mesma interpretação foi obtida pela mediana das áreas: O grupo de municípios que reduziu o cultivo de soja apresentou um risco relativo maior. Em contrapartida, os municípios que aumentaram o cultivo da soja se demonstraram mais produtivos em ambos os períodos da análise.

Na comparação entre os dois períodos, é possível observar uma redução do risco relativo em ambos os grupos. No grupo de redução do cultivo da soja, a mediana do risco relativo nas safras de 2011 à 2010 era de 0,366, enquanto que nas safras de 2011 à 2020 o risco relativo passou para 0,275. No grupo dos municípios onde houve um aumento no cultivo de soja, a mediana do risco relativo no primeiro período era de 0,338, enquanto no segundo período foi de 0,228. Essa redução do risco pode estar associada a novas práticas agrícolas que diminuam a variabilidade da produção agrícola da soja no segundo período.

Posteriormente, foram realizados dois testes de verificação da igualdade do risco relativo entre os dois grupos de municípios. O teste de Wilcoxon, que testa se as duas amostras têm medianas iguais, rejeitou a hipótese nula de igualdade das medianas nos dois períodos da análise. O teste Kruskal-Wallis, usado para testar se as amostras se originam da mesma distribuição, rejeitou a hipótese nula em ambos os dois períodos da análise, portanto, os grupos não se originam da mesma distribuição.

Tabela 4: Testes de verificação da igualdade do risco relativo entre as áreas que se teve ou não expansão do cultivo da cultura da Soja

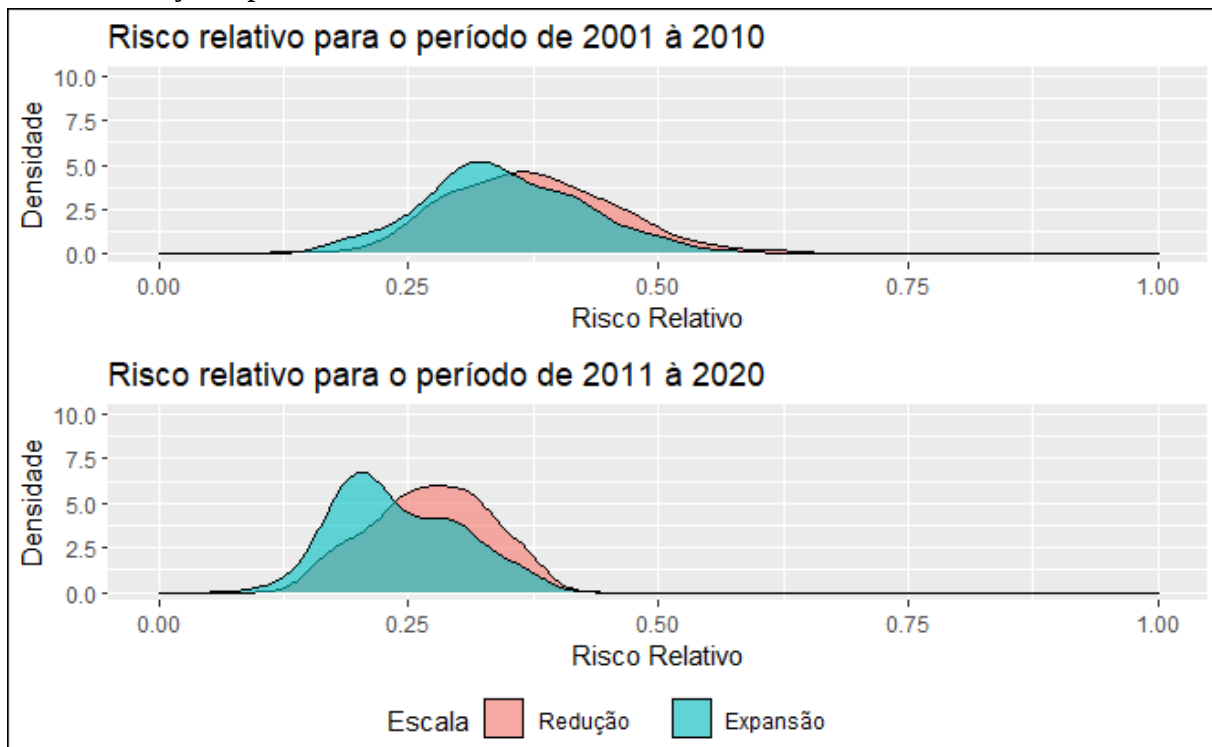
Teste	Safras 2001 à 2010		Safras 2011 à 2020	
	Estatística	P-valor	Estatística	P-valor
Wilcoxon	12.196	0,0041	10.338	0,0000
Kruskal-Wallis	8,2398	0,0040	23.734	0,0000

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

A Figura 5 mostra um histograma com a distribuição do risco relativo entre as áreas dos dois grupos de municípios. Em ambos os períodos da análise, observa-se uma concentração de maior risco relativo no grupo de redução do cultivo de soja. Uma das circunstâncias para essa

ocorrência é devido a expansão estar ocorrendo em substituição de áreas que eram destinadas a outras culturas, o que poderia estar ocupando solos de qualidade igual ou até superior aquelas áreas que já tinha cultivo de soja anteriormente.

Figura 5: Histograma do risco relativo entre as áreas que se teve ou não expansão do cultivo da cultura da Soja no período de 2001 à 2020

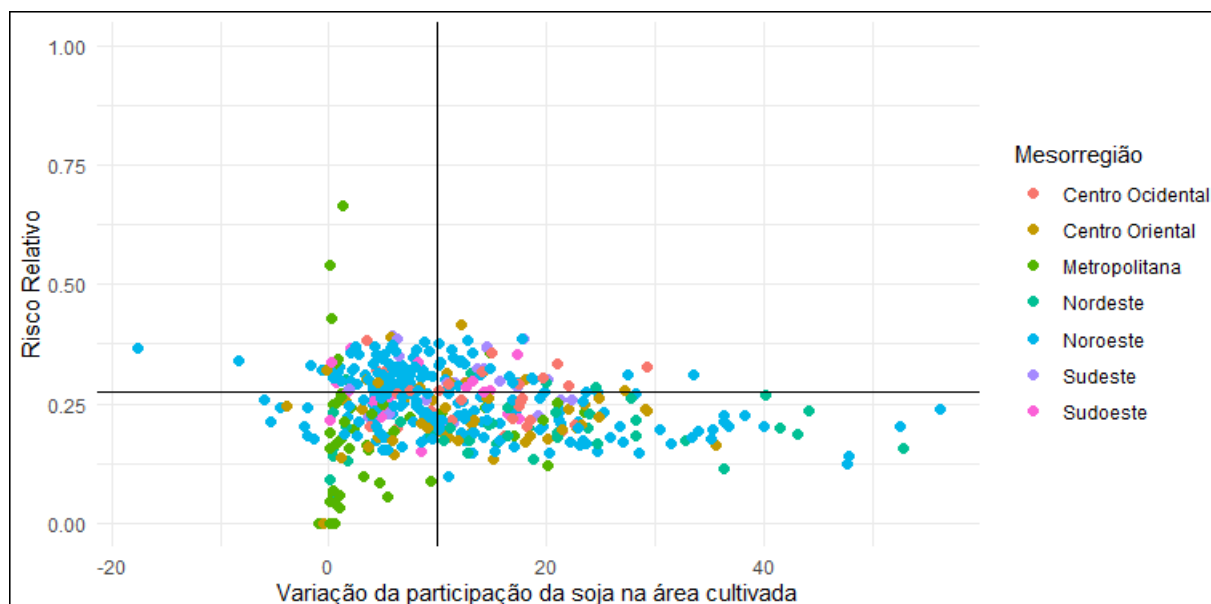


Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa

Para se ter uma maior dimensão da alteração da evolução do Risco Relativo em expansão do cultivo da cultura da Soja no período de 2001 à 2020 para os municípios, se confeccionou a Figura 6, que apresenta uma linha na horizontal em que separa os municípios que estão entre os 35% com maior Risco Relativo do restante dos municípios (65% que apresentam menor valor para o Risco Relativo), já a linha vertical separa os municípios em que o aumento da área com soja não ultrapassou os 10%, daqueles municípios em que a expansão do cultivo da soja era superior a 10%.

Devido a essa separação dos municípios em relação ao Risco Relativo e a expansão do cultivo com soja, se criou uma classificação em quatro quadrantes, sendo eles: O primeiro quadrante aqueles municípios em que a expansão da soja foi superior a 10% sobre o total da área cultivada e seu Risco Relativo estava entre os 35% com maior risco; Já o segundo quadrante seria composto por aqueles que a expansão foi inferior a 10% da área cultivada e seu Risco Relativo estava entre os 35% com maior risco; no terceiro quadrante, se concentra aqueles em que estão com 65% com menor risco e a expansão foi inferior a 10% da área cultivada; Por fim, o quarto quadrante representa aqueles que estão com 65% com menor risco e a expansão foi superior a 10% da área cultivada.

Figura 6: Distribuição do Risco Relativo em relação a variação da soja na área cultivada para o período de 2011 à 2020



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

Os dados da Figura 6 estão expostos na Tabela 5. Observa-se que a maioria dos municípios concentrados nas mesorregiões Centro Ocidental, Centro Oriental, Nordeste e Noroeste estão localizados no quarto quadrante, caracterizado por uma expansão da área cultivada com soja e um baixo nível de risco relativo. As mesorregiões Metropolitana e Sudoeste tiveram uma maior concentração dos municípios no terceiro quadrante, enquanto que a mesorregião Sudeste concentrou-se majoritariamente no primeiro quadrante, que é caracterizado por alto risco e aumento da área com soja.

Tabela 5: Análise da composição do Risco Relativo em relação a expansão da soja dos municípios por mesorregião para o período de 2011 à 2020

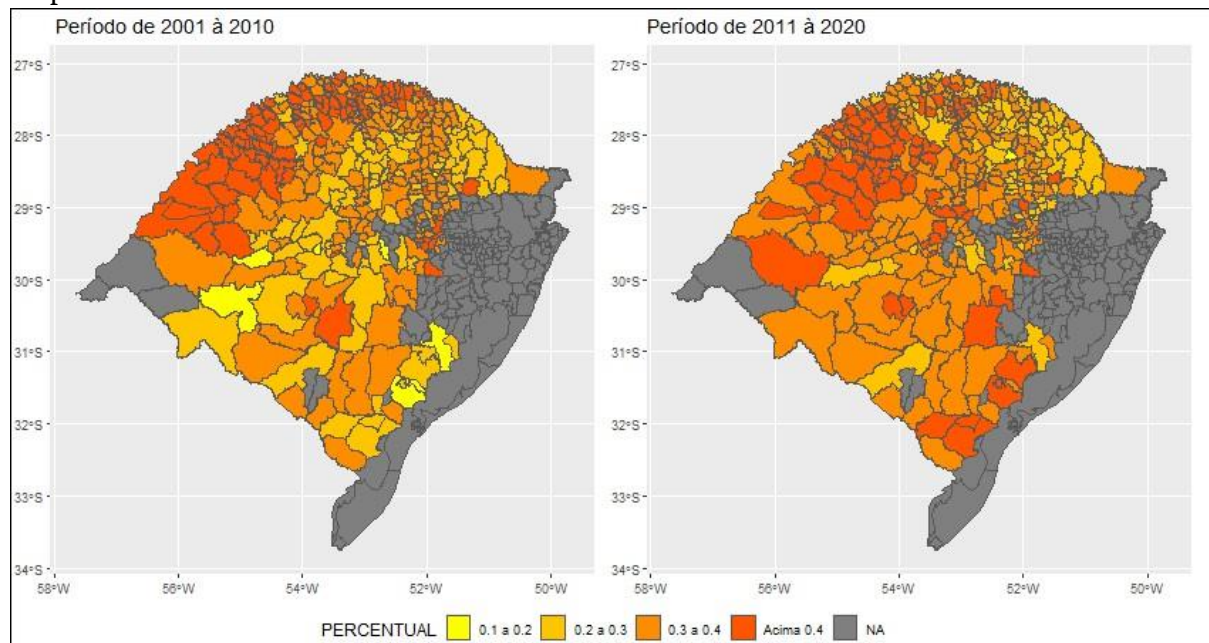
Nome Mesorregião	primeiro quadrante	segundo quadrante	terceiro quadrante	quarto quadrante
Centro Ocidental	11	5	4	11
Centro Oriental	7	6	13	25
Metropolitana	2	6	35	7
Nordeste	3	1	10	27
Noroeste	25	62	56	73
Sudeste	10	5	4	5
Sudoeste	4	4	8	3
Total	62	89	130	151

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa

A comparação dos riscos por municípios nos dois períodos da análise é apresentada na Figura 7. Os resultados mostram uma redução na quantidade de municípios com risco relativo acima de 0,4 nas mesorregiões Sudoeste, Centro Ocidental e Noroeste. No entanto, nos municípios da mesorregião Sudeste, observou-se um aumento nas cidades com risco relativo acima de 0,4. Além disso, os municípios que tinham um risco relativo abaixo de 0,3 no período de 2011 à 2010 apresentaram um aumento do risco relativo no segundo período.

A figura 7 mostra uma tendência de aumento nos riscos da região Sul do estado quando comparados os dois períodos. Este resultado coincide com os resultados apresentados nas figuras 2 e 4 que mostram que além da região Sul ter um Risco Relativo mais alto que as demais regiões, também possui o maior nível de pagamento de indenizações observado no índice de sinistralidade. No entanto, essa região apresenta alguns aspectos que favorecem a produção, seja pela proximidade do Porto de Rio Grande que permite auferir maior valor de venda por parte do produtor ou então pela abundância de áreas de campos que ainda não foram convertidas em áreas agrícolas.

Figura 7: Risco relativo da cultura da soja para os municípios do estado do Rio Grande do Sul no período de 2001 à 2020



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

Dessa forma, o seguro agrícola proporcionaria melhores condições nessas regiões de expansão com a minimização de riscos relacionados a sinistros. Assim, a região Sul do estado do Rio Grande do Sul seria uma das regiões em que o seguro possui papel importante na diminuição dos riscos do cultivo da soja, permitindo ao produtor a viabilidade do seu negócio. Concordando com os pontos levantados por Fornazier *et al.* (2012) de que o seguro rural é importante para que os agricultores diminuam os riscos na atividade agropecuária.

É importante também destacar a necessidade da diversificação das apólices das seguradoras entre as diferentes mesorregiões, uma vez que há diferenciais produtivos, riscos e sinistralidade. Como destacado por Ozaki & Dias (2009), a análise de quantificação de risco é fundamental para que as seguradoras possam trabalhar com risco diversificado, permitindo a atuação em municípios de alto risco, mas diversificando com a atuação em municípios de baixo risco para não comprometer a saúde financeira da empresa.

5. Conclusões

Este artigo buscou identificar, compreender e caracterizar o processo de expansão da soja no Rio Grande do Sul no período de 2001 a 2020. Complementando a análise, também foi

avaliado os riscos relativos associados à produção da cultura da soja nas mesorregiões do estado. Para isso, foram utilizados dados do IBGE, MAPABIOMAS e MAPA.

Em termos gerais, somente as áreas destinadas ao cultivo de soja apresentaram aumento no período de 2001 à 2020. No período final da análise, a área destinada ao cultivo de soja teve um aumento de 100,5% (aproximadamente 3,02 milhões de hectares) em relação ao período inicial do estudo. Isso pode ser entendido como resultado de um processo de substituição de áreas que antes eram destinadas a arroz, milho e pecuária que passaram a serem convertidas em áreas do cultivo da soja. As mesorregiões onde a soja mais se expandiu foram Sudoeste, Sudeste e Centro Ocidental. Essa substituição de culturas estaria relacionada a valorização da soja no mercado internacional bem como novas técnicas agrícolas como a introdução dos transgênicos.

Quando comparado o segundo período de análise com o primeiro, as mesorregiões apresentaram redução de risco relativo. A única exceção foi a mesorregião Sudeste, que teve um aumento na média do risco relativo. Mesorregiões que tiveram grande parte da sua expansão sobre área de campos, foram as que apresentaram maiores valores para o risco relativo. Isso se deve ao fato de que essas áreas são menos produtivas e mais suscetíveis a quebras de produção por ainda estarem em uma fase de adequação do solo. Além disso, essas regiões de campos situados no Sul do estado possuem solos mais arenosos, aos quais tem potenciais agrícolas menores quando comparado com solos argilosos.

As mesorregiões Noroeste e Nordeste foram as que tiveram menor proporção do prêmio convertidos em pagamento de indenizações, e ainda tiveram resultados baixos quando comparados com os valores obtidos para o risco relativo, bem como maiores produtividades para a cultura da soja, o que de certa maneira evidencia que esta região quando comparada com as demais regiões do estado são as que possuem menores riscos a sinistralidades nos seguros agrícolas.

O método de avaliação por meio do Risco Relativo se mostrou útil, pois as regiões que ele identificou serem as que possuíam maior coeficiente para o Risco Relativo foram as que mais converteram o valor do prêmio total em pagamento de indenizações no período de análise, como o caso das mesorregiões sudoeste e sudeste, assim como, as mesorregiões que apresentaram menor coeficiente para o risco relativo foram as que menos converteram o valor do prêmio total em pagamento de indenizações no período de análise, como o caso da mesorregião nordeste.

Por último, destacam-se algumas sugestões para futuras pesquisas que surgem a partir da análise empreendida neste trabalho. A primeira indicação é a avaliação dos riscos das culturas que perderam área para a soja nesse processo de expansão e como as áreas de alto risco nesse processo de substituição seriam recompostas por outras culturas. Além disso, outro aspecto interessante seria a investigação de quais fatores estariam provocando os sinistros nas lavouras e se seriam fatores relacionados a secas, períodos chuvosos, ou a outros eventos adversos.

6. Referências bibliográficas

Abdala, K. d. O., & Ribeiro, F. L. (2011). Análise dos impactos da competição pelo uso do solo no estado de Goiás durante o período 2000 a 2009 provenientes da expansão do complexo sucroalcooleiro. *Revista Brasileira de Economia*, 65(4), 373–400.

Baldi, G., & Paruelo, J. M. (2008). Land-use and land cover dynamics in south american temperate grasslands. *Ecology and Society*, 13(2).

Companhia Nacional de Abastecimento - Conab (2022). Acompanhamento da safra brasileira

soja. Recuperado em 12 de outubro de 2022, de <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa (1997). Embrapa e Monsanto desenvolvem soja tolerante a herbicida. Recuperado em 10 de outubro de 2022 <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/17913602/embrapa-e-monsanto-desenvolvem-soja-tolerante-a-herbicida>.

Fontana, A., Freitas, P. d., Donagema, K., & Salton, J. (2020). Solos arenosos: a nova fronteira agrícola brasileira. *A Granja*, 853, 80–81.

Fornazier, A., de Souza, P. M., & Ponciano, N. J. (2012). A importância do seguro rural na redução de riscos da agropecuária. *Revista de Estudos Sociais*, 14(28), 39–52.

Freitas, R. E. (2022). Brazil's agricultural expansion: main crops in matopiba. *Revista de Política Agrícola*, 31(1), 70-85.

Gonçalves, S. L., Sibaldelli, R. N. R., et al. (2018). Riscos climáticos e viabilidade econômica da produção de soja no sul do rio grande do sul. Embrapa, Londrina, PR, Brazil. Recuperado em 15 de outubro de 2022: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094511/riscos-climaticos-e-viabilidade-economica-da-producao-de-soja-no-sul-do-rio-grande-do-sul>>. Access in: mar, 15, 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2022). Pam - produção agrícola municipal. Recuperado em 15 de agosto de 2022- <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>.

Kodama, I. S., & Lourenzani, W. L. (2021). Mudanças no uso da terra a partir da expansão do cultivo da cana-de-açúcar na região oeste do estado de são paulo: Land use changes from the sugarcane expansion in the western region of são paulo state. *Desenvolvimento em Questão*, 19(55), 132–153.

Kruskal, W. H., & Wallis, W. A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American statistical Association*, 47(260), 583–621.

Lemos, G. d. S., & Rizzi, R. (2020). A expansão da soja no bioma pampa brasileiro e sua interação espaço-temporal com arroz e campo. *Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul*(35), 9–26. Lourenzani, W. L., & Caldas, M. M. (2014). Mudanças no uso da terra decorrentes da expansão da cultura da cana-de-açúcar na região oeste do estado de são paulo. *Ciência Rural*, 44, 1980–1987.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento- MAPA (2022). Recuperado em 15 de agosto de 2022. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/seguro-rural>

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA. (2021). Programa de subvenção ao prêmio do seguro rural. [urlhttps://www.gov.br/agricultura/pt-br/acesso-a-informacao/dadosabertos](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/acesso-a-informacao/dadosabertos).

MAPABIOMAS. (2022). Recuperado em 15 de agosto de 2022. <https://mapbiomas.org/>.



Mengue, V. P., Silva, T. S. d., Fontana, D. C., & Scottá, F. C. (2018). Detecção de mudanças espaciais relacionadas à expansão da fronteira agrícola no bioma pampa. *Revista brasileira de cartografia*, Rio de Janeiro. Vol. 70, n. 1 (jan./mar. 2018), p. 40-70.

Monteiro, J. E. B. d. A., Cuadra, S. V., Barioni, L. G., Nakai, A. M., Maciel, R. J. S., & Victoria, A. F. d. O. D. d. C. (2020). Estudo de caso de um Zoneamento Agrícola de Risco da Produtividade Climática (ZARCPPro). *Revista da Sociedade Brasileira de Agrometeorologia*, 27.

Ozaki, V. A., & Dias, C. T. d. 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.

Silva, L. I. d., Leão, C., & Pasqualetto, A. (2016). Área de ocupação da cana-de-açúcar no estado de Goiás e o efeito substituição em relação a outras culturas de abastecimento alimentar (2003- 2012). *Revista Baru-Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos*, 1(1), 21–35.

Silveira, V. C. P., González, J. A., & Fonseca, E. L. d. (2017). Mudanças no uso da terra depois do período de aumento de preço das commodities no rio grande do sul, brasil. *Ciência Rural*, 47(4).

Souza, G. d. S., Alves, E., Gomes, E. G., Gazzola, R., Marra, R., et al. (2007). Substituição de culturas. uma abordagem empírica envolvendo cana-de-açúcar, soja, carne bovina e milho. *Revista de Política Agrícola*, 16(2), 5–13.

Trennepohl, D., & Paiva, C. Á. N. (2011). A importância da sojicultura para o desenvolvimento da região noroeste do rio grande do sul. *Ensaios FEE*, 31.

Wilcoxon, F. (1945). Some uses of statistics in plant pathology. *Biometrics Bulletin*, 1(4), 41–45.