

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E HUMANAS
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

Lis Helena Heemann

**ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE NO CULTIVO DE SOJA NA
MICRORREGIÃO DE SANTA MARIA (2013-2018)**

Santa Maria, RS

2021

Lis Helena Heemann

**ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE NO CULTIVO DE SOJA NA
MICRORREGIÃO DE SANTA MARIA (2013-2018)**

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) Campus Santa Maria- RS.

Orientador: Prof. Dr. Reisoli Bender Filho

Santa Maria, RS
2021

Lis Helena Heemann

**ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE NO CULTIVO DE SOJA NA
MICRORREGIÃO DE SANTA MARIA (2013-2018)**

Monografia apresentada como requisito parcial
para a obtenção do título de Bacharel em
Ciências Econômicas, da Universidade Federal
de Santa Maria (UFSM, RS) Campus Santa
Maria- RS.

Aprovado em 11 de fevereiro de 2021:

Reisoli Bender Filho, Dr. (UFSM)
Presidente/Orientador

Daniel Arruda Coronel, Dr. (UFSM)

Rita Ines Paetzhold Pauli, Dra. (UFSM)

Santa Maria, RS
2021

RESUMO

ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE NO CULTIVO DE SOJA NA MICRORREGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL

AUTORA: Lis Helena Heemann
ORIENTADOR: Prof. Dr. Reisoli Bender Filho

Tendo em vista a importância da soja, que no Brasil é o principal produto destinado à exportação, onde há necessidade de utilização de alta tecnologia na produção, também devido à escassez de informações sobre produtividade relacionada à soja por microrregião, este trabalho se propôs a analisar a produtividade da oleaginosa nos 13 municípios da microrregião de Santa Maria, no estado do Rio Grande do Sul, no período 2013-2018, a partir do índice de Tornqvist à Produtividade Total de Fatores. Para isso, foram coletados os dados de pessoal ocupado, área plantada e investimentos em tecnologia, como tratores, colheitadeiras e defensivos agrícolas. A partir dos resultados, pode-se verificar que ainda há deficiência na utilização da tecnologia na produção de soja, o que resultou no baixo crescimento da produtividade, ocasionada pelo aumento da utilização de insumos, principalmente da área plantada. A *PTF* da microrregião apresentou redução em quase todo o período, com exceção em 2017, ano em que a produção bateu recorde em todo o estado. Ainda, foi possível identificar os gargalos enfrentados pelos produtores, que precisam de maiores incentivos para realizar investimentos em tecnologia.

Palavras-chave: produtividade total dos fatores, soja, microrregião de Santa Maria, agricultura, tecnologia.

ABSTRACT

THE IMPACT OF TECHNOLOGICAL INNOVATIONS ON SOYBEAN CROP IN THE CENTRAL MICROREGION OF RIO GRANDE DO SUL

AUTHOR: Lis Helena Heemann
ADVISOR: Prof. Dr. Reisoli Bender Filho

Bearing in mind the importance of soy, which in Brazil is the main product destined for export, where there is a need for the use of high technology in production, also due to the scarcity of information on soybean-related productivity per microregion, this work aimed to analyze the variation in soybean productivity in the 13 municipalities of the Santa Maria Microregion, in Rio Grande do Sul, in the 2013-2018 period, considering the variation of inputs and production through Total Factor Productivity by the Tornqvist index. For this, data were collected on occupied personnel, planted area and investments in technology, such as tractors, harvesters and crop protection products. From the results, it can be seen that there is still a deficiency in the use of technology in soy production, where it can be seen in the analyzes the low productivity growth, caused by the increased use of inputs, mainly of the planted area. Microregion's PTF decreased in almost the entire period, except in 2017, the year in which production broke a record throughout the state. Still, it was possible to identify the bottlenecks faced by producers, who need greater incentives to make investments in technology.

Keywords: total factor productivity, soy, Santa Maria microregion, agriculture, technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Função de produção.....	14
Figura 2 – Relações entre produção e produtividade.....	15
Figura 3 – Índice da produtividade total dos fatores (PTF), do produto e do insumo, de 1975 a 2015	17
Figura 4 – Evolução da produção dos principais países produtores de soja em grão (mi t.).....	18
Figura 5 – Área, produção e produtividade de soja – 2000 a 2018 (mi t.).....	19
Figura 6 – Evolução da produção dos principais estados produtores de soja em grão (milhões de toneladas).....	20
Figura 7 – Quantidade produzida de soja no RS média 2016-2018.....	23
Figura 8 – Área plantada se soja na microrregião de Santa Maria/RS entre 2008 e 2018, em ha.....	24
Figura 9 - Variação do preço da Soja - Rio Grande do Sul (em R\$) entre 2009 e 2020..	25
Figura 10 – Quantidade produzida de soja na microrregião de Santa Maria/RS entre 2008 e 2018, em ton.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução anual da área plantada e da quantidade produzida de soja em grão, no Brasil e no Rio Grande do Sul, entre 2008 e 2018, em ha e ton.....	22
Tabela 2 – Índices de Tornqvist para PTF, Produto e Insumo para a Microrregião Central do Rio Grande do sul.....	32
Tabela 3 – Índices de Tornqvist para PTF, Produto e Insumo para a cidade de Cacequi – RS.....	34
Tabela 4 – Índices de Tornqvist para PTF, Produto e Insumo para a cidade de Dilermando de Aguiar – RS.....	35
Tabela 5 – Índices de Tornqvist para PTF, Produto e Insumo para a cidade de Itaara – RS.....	36
Tabela 6 – Índices de Tornqvist para PTF, Produto e Insumo para a cidade de Jaguari – RS.....	37
Tabela 7 – Índices de Tornqvist para PTF, Produto e Insumo para a cidade de Mata – RS.....	38
Tabela 8 – Índices de Tornqvist para PTF, Produto e Insumo para a cidade de Nova Esperança do Sul – RS.....	39
Tabela 9 – Índices de Tornqvist para PTF, Produto e Insumo para a cidade de Santa Maria – RS.....	39
Tabela 10 – Índices de Tornqvist para PTF, Produto e Insumo para a cidade de São Martinho da Serra – RS.....	40
Tabela 11 – Índices de Tornqvist para PTF, Produto e Insumo para a cidade de São Pedro do Sul – RS.....	41
Tabela 12 – Índices de Tornqvist para PTF, Produto e Insumo para a cidade de São Sepé – RS.....	42
Tabela 13 – Índices de Tornqvist para PTF, Produto e Insumo para a cidade de São Vicente do Sul – RS.....	43
Tabela 14 – Índices de Tornqvist para PTF, Produto e Insumo para a cidade de Toropi – RS.....	44
Tabela 15 – Índices de Tornqvist para PTF, Produto e Insumo para a cidade de Vila Nova do Sul – RS.....	44

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	10
1.2 JUSTIFICATIVA.....	10
1.3 OBJETIVOS.....	11
1.3.1 Objetivo geral.....	11
1.3.2 Objetivos específicos.....	12
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE.....	13
2.2 PRODUTIVIDADE NA AGRICULTURA.....	15
3. EVOLUÇÃO, PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DA SOJA.....	18
3.1 EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE SOJA NO BRASIL.....	18
3.2 A SOJA NO RIO GRANDE DO SUL.....	21
3.3 A PRODUÇÃO DE SOJA NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL.....	23
4. METODOLOGIA.....	27
4.1 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO.....	27
4.2 MODELOS TEÓRICO E ANALÍTICO.....	27
4.3 DADOS E VARIÁVEIS.....	29
4.3.1 Tecnologia.....	29
4.3.2 Área plantada.....	30
4.3.3 Pessoal ocupado.....	30
4.3.4 Quantidade produzida.....	31
4.3.5 Municípios e período de análise.....	31
5. RESULTADOS.....	32
5.1 RESULTADO DO ÍNDICE DE PRODUTIVIDADE À MICRORREGIÃO DE SANTA MARIA - RIO GRANDE DO SUL.....	32
5.2 RESULTADO DO ÍNDICE DE PRODUTIVIDADE PARA OS MUNICÍPIOS DA MESORREGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL.....	34
5.3 COMPARATIVO DA PRODUTIVIDADE ENTRE OS MUNICÍPIOS.....	45
5.4 FATORES DIRETOS E INDIRETOS QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE.....	46
6. CONCLUSÕES.....	48

1. INTRODUÇÃO

A agropecuária cresceu e se desenvolveu expressivamente nas últimas décadas, constituindo-se em uma das principais atividades da economia brasileira, sendo a produção no campo responsável por entre 5 e 7% do PIB, cuja contribuição para o produto agregado chega próximo de 25% quando agregam-se as etapas anteriores e posteriores ao campo (PINTO E PINTO, 2016). Nesta evolução, o fator capital (representado por tecnologia, adubos, agrotóxicos, tratores, máquinas e equipamentos) tem tido maior importância para determinar o crescimento da produção do que os fatores terra e mão-de-obra, condição que tem transformado a agricultura em atividade intensiva em capital e tecnologia.

No contexto histórico, o crescimento da produção agrícola brasileira ocorreu, basicamente, até a década de 1950, por conta da expansão da área cultivada. A partir da década seguinte, o uso de máquinas, adubos e defensivos químicos, passou a ter também importância no aumento da produção e da produtividade (AGRA; SANTOS, 2001). Entretanto, foi a partir dos anos 1950 que iniciou o processo de transformação agrícola, com o então presidente Juscelino Kubitschek que abriu o mercado à indústria de máquinas agrícolas e, a partir do pós-guerra, ao lado do crescimento extensivo da produção, a agricultura brasileira implementou de forma mais decisiva – especialmente do ponto de vista da ação estatal – um processo de modernização de sua base técnica (SILVA, 1998).

Neste contexto, “a modernização da agricultura [...] consiste num processo genérico de crescente integração da agricultura no sistema capitalista industrial, especialmente por meio de mudanças tecnológicas e de ruptura das relações de produção arcaicas e do domínio do capital comercial” (SILVA, 1998, p. 18).

Já nos anos de 1960, o Brasil passava por uma forte industrialização, como consequência, havia uma grande escassez de alimentos devido ao crescimento e a urbanização das cidades. Por esse motivo, o governo instituiu políticas de aumento da produção e da produtividade agrícola, onde a modernização da agricultura se concretizou por meio de investimentos públicos em pesquisa e desenvolvimento, extensão rural e crédito abundante, de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2020). Em meados desta década, os produtos agropecuários mais produzidos eram a cana-de-açúcar, milho em grão, laranja, arroz, carne e leite. Dez anos mais tarde, em 1975 a

produção agrícola passou a ter a soja como um dos principais produtos, com um aumento de aproximadamente 1890% no período de dez anos (NUNES, 2007).

Nas duas décadas seguintes, de 1970 e 1980, a agricultura teve como principal fator de crescimento do produto agropecuário o fator terra; já partir dos anos 1980, até o período recente, o crescimento tem ocorrido novamente a partir da utilização do capital que passou a ser a principal fonte de crescimento da agricultura (GASQUES *et al.*, 2018).

De acordo com o Atlas Socioeconômico (2019), essas últimas décadas, em termos de produtos, a agricultura consolidou a soja como um dos mais importantes, tanto em produção quanto em exportação. Mercado em que o Brasil é o segundo maior produtor mundial, com aproximadamente 28% do total produzido no mundo, enquanto que, em termos de exportação, o país encontra-se em primeiro lugar globalmente, de acordo com o Conab (2018).

Entre as regiões produtoras, o Rio Grande do Sul é o terceiro maior produtor da *commodity*, superado apenas pelos estados de Mato Grosso e do Paraná, tendo a produção como destino principal o mercado externo e produto de maior destaque da pauta de exportações do estado. Considerando a relação quantidade produzida/área plantada, na última década, o Rio Grande do Sul apresentou um importante ganho de produtividade por meio do emprego de novas tecnologias de plantio e de manejo do solo, como o melhoramento genético e a transgenia, os métodos de plantio direto e de agricultura de precisão (ATLAS SOCIOECONÔMICO RS, 2019).

Porém, a produção no estado não é uniforme, predominando na região centro-norte a maior parte da cultura de soja e, na centro-sul, produções de arroz e fumo. Já na região central do estado, a soja destaca-se, seguido do trigo e de produtos de horticultura (FEE-RS, 2015). Sobre isso, Werner (2019) complementa expondo que, atualmente, a região central é responsável por mais de 16% da produção de soja do Rio Grande do Sul.

Em termos climáticos, essa região é reconhecidamente seca, no entanto, a produtividade de soja é relativamente alta em comparação com algumas regiões do estado, conforme Embrapa (2018). Resultado que tem a utilização de tecnologia como fator de produção para o aumento desta produtividade, dadas as necessidades de adaptar-se às variações climáticas, ainda principal motivo de perdas nas lavouras.

Assim sendo, para que a produtividade continue em crescimento, o produtor rural vem se adaptando para produzir cada vez mais, em maior quantidade e em menor área plantada. Entretanto, conforme discute Jacto (2019), alguns desafios são enfrentados no

processo de produção, como a necessidade de mão de obra com formação técnica para operar máquinas cada vez mais sofisticadas; reduzir a área plantada com a utilização de cada vez mais tecnologia, como a agricultura de precisão; o clima, que é um dos principais obstáculos da produção, entre outros fatores.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

O desafio dos produtores é manter o crescimento da produção a cada safra, para isso, devem buscar maior eficiência no processo do cultivo, que vai desde a preparação da terra até o final da colheita. Esta situação ganha importância no caso de regiões que apresentam variações climáticas, caso da região central do Rio Grande do Sul que possui um clima variável, com períodos de seca e outros de muita chuva.

Entretanto, existem práticas que devem ser seguidas para que estes riscos sejam amenizados e as perdas reduzidas. Da mesma forma que deve haver a prevenção do plantio e do cultivo conforme a variação climática, outras preocupações devem estar no foco dos produtores, como os cuidados com o solo, o controle de pragas, a perda da qualidade dos grãos e os inúmeros outros cuidados que devem ser tomados no processo produtivo (SÓ BIOLOGIA, 2020).

Apesar de enfrentar vários fenômenos que possam causar redução na produção, o uso da tecnologia favorece cada vez mais os produtores, os quais tem obtido crescimento exponencial na produtividade de soja nos últimos anos. De acordo com Gasques *et al.* (2018), até os anos 1980, o principal motivo de crescimento da produção era o fator terra; a partir deste período até os anos 2000, o fator preponderante passou a ser a mão-de-obra e, posteriormente, o principal fator de aumento na produção e na produtividade da soja passou a ser o uso de capital (fertilizantes, defensivos e máquinas agrícolas automotrizes).

Entretanto, para que a tecnologia necessária chegue no campo, grandes investimentos devem ser realizados tanto por produtores quanto por fornecedores de insumos, máquinas e implementos agrícolas. A partir desta discussão, definiu-se o problema de pesquisa: como a evolução de tecnologia no campo tem contribuído para o aumento da produção de soja na microrregião de Santa Maria do estado do Rio Grande do Sul?

1.2 JUSTIFICATIVA

O tema proposto ganha relevância tanto em âmbito regional quanto nacional, dado que a soja envolve uma vasta cadeia de atividades, como também devido a sua representatividade na pauta de exportações do país e, por ser um complexo altamente gerador de renda. Logo, muitos estudos relacionados à tecnologia e produtividade foram realizados por pesquisadores como Pinto e Pinto (2016), que analisaram a evolução do setor agrícola em geral, como também por Gasques (2006; 2012; 2018), sobre tecnologia a partir de 1975, relacionando com o aumento de produtividade brasileira.

E por ser uma das principais *commodities* brasileiras, igualmente vários estudos relacionados à sua produtividade podem ser encontrados. Dall’Agnol (2017) analisa a origem e consolidação da soja no Brasil e na região Sul, apresentando dados históricos de produção, comparando-os com outros países e outros produtos. Também é citada em teses relacionadas à tecnologia, como em Luiz (2013), que dá ênfase à importância da soja para o desenvolvimento tecnológico da produção agrícola.

Em âmbito estadual existem diversos estudos sobre a soja no estado do Rio Grande do Sul. Concenço *et al.* (2017) analisou as formas de inovação do cultivo, indicando melhores práticas de produção utilizando a tecnologia a favor. Já Feix e Júnior (2019) coletaram dados e realizaram a análise anual de cultivo de soja e de outros produtos, enfatizando a importância do estado na produção, reunindo dados principais de órgãos governamentais do Rio Grande do Sul e do país.

Também se encontra estudos sobre regiões do estado em que a tecnologia agrícola se destaca em relação às outras regiões e ao país, como o de Pinto e Coronel (2015), onde foi utilizada a análise fatorial, criando-se índices para mensurar o fenômeno da modernização agrícola. Também pode ser encontrado teses e artigos que analisam somente uma região específica, como em Piccoli (2018), cujo enfoque foi dado à Santa Cecília do Sul, direcionado à importância da produtividade da soja.

Neste sentido, haja visto a escassez de estudo sobre a soja à região central do estado do Rio Grande do Sul, a qual representa cerca de 16% da produção no estado, relacionado com a tecnologia utilizada pela agricultura local na produção de soja, o trabalho busca avançar nesta perspectiva, pois além de ampliar as análises sobre a produção da soja, poderá fornecer informações relevantes sobre o emprego da tecnologia e sobre o desempenho da atividade da soja na região estudada.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar como a tecnologia tem contribuído para o aumento da produção e da produtividade de soja na microrregião de Santa Maria, no Rio Grande do Sul, no período entre 2013 e 2018.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Examinar a tecnologia utilizada no processo produtivo da microrregião de Santa Maria;
- b) analisar a estrutura produtiva da soja na microrregião;
- c) analisar a variação na produção e na produtividade de soja na microrregião, no período analisado.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em seis partes. A introdução, que contempla o contexto histórico e os dados pertinentes ao tema central; como parte da introdução, está o problema de pesquisa, isto é, o foco da realização deste trabalho; a justificativa, que apresenta o motivo da importância de realizar esta pesquisa; e o último item da parte introdutória está o objetivo geral, que é o principal enfoque do problema de pesquisa, e os objetivos específicos.

Na segunda parte está o referencial teórico, o qual busca apresentar alguns conceitos importantes para o estudo e realização deste trabalho. A terceira parte está relacionada com o tema principal, onde traz dados específicos de produtividade da soja, desde o âmbito nacional até a microrregião central do Rio Grande do Sul. A quarta parte corresponde à metodologia do trabalho, trazendo os dados e a fórmula para as análises. Na quinta parte estão os resultados e as análises, tanto da microrregião quando dos municípios. Por último, no capítulo 6, está a conclusão do trabalho, onde apresenta, de modo geral, a relação da contextualização do texto com as análises dos resultados.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

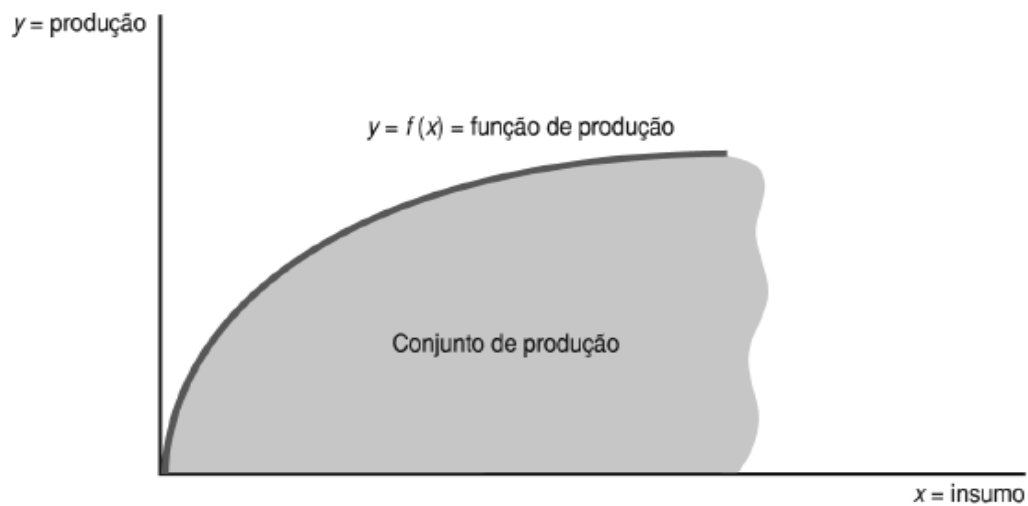
Este capítulo tem o objetivo de conceituar os principais termos utilizados neste trabalho. Na seção 2.1 apresenta-se os conceitos de produção e produtividade, bem como suas diferenças. Também mostra como a quantidade produzida pode mudar quando se utiliza a mesma quantidade de insumos no processo produtivo. Na seção 2.2, o termo “produtividade total dos fatores” é exemplificado através de autores que utilizaram o índice para calcular a produtividade na agricultura em geral.

2.1 PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE

A produtividade consiste na quantidade de bens e serviços produzidos em uma unidade de tempo de trabalho (MOREIRA, 2015). Assim, elevar o nível da produtividade significa aumentar a produção com a mesma combinação dos fatores, ou ainda, manter o nível de produção reduzindo a utilização de insumos de fatores (RATTNER, 1967). A partir dessas definições, pode-se entender a função de produção como a relação entre os insumos do processo produtivo e seu produto resultante, e indica o produto máximo “q” que uma empresa (neste caso, um produtor agrícola) produz para cada combinação de insumos (PINDYCK; RUBINFELD, 2006, p. 160).

Os produtores devem se limitar às restrições tecnológicas impostas para sua produção. Isso quer dizer que a viabilidade de produzir certa quantidade de produto requer algumas combinações de insumos, ou seja, pode-se listar todos os conjuntos de combinações de insumos e produtos tecnologicamente factíveis. Esse conjunto é chamado de “conjunto de produção” (Figura 1). Já em relação ao custo, deve ser examinado o máximo possível de produção que se possa obter com determinada quantidade de insumo (VARIAN, 2012).

Figura 1 – Função de produção

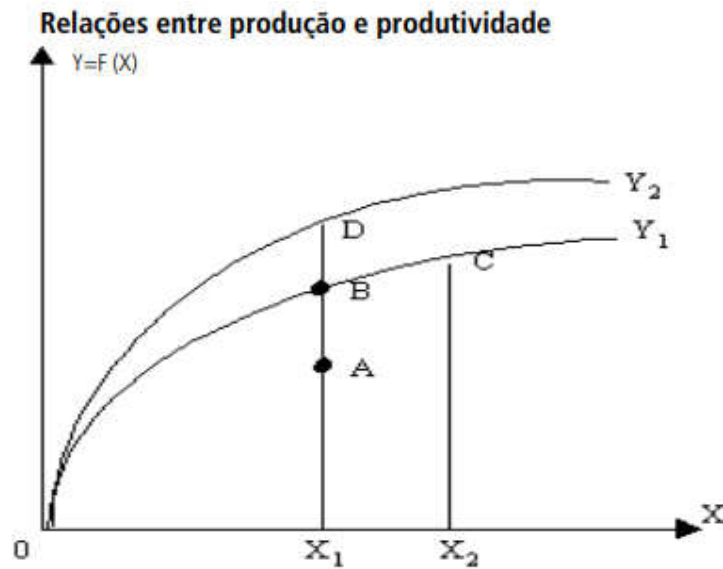


Fonte: VARIAN, 2012, p. 354.

Pode ser observado que um único produto (Y) é produzido com um único insumo (X). Na Figura 2, qualquer ponto ao longo da curva Y1 indica o máximo de Y que pode ser obtido para um dado nível de X. Para qualquer combinação XY, uma produção seria tecnicamente ineficiente abaixo do ponto A, uma vez que mais Y poderia ser produzido com a mesma quantidade de X. A curvatura da função de produção representa a tecnologia de produção com retornos decrescentes de escala, pois à medida que aumenta a quantidade do insumo X, cada vez mais X são necessários para obter uma unidade adicional de Y.

Entretanto, se ao longo do tempo, os produtores elevarem sua produção, tendo em vista a curvatura de Y, eles irão obter menor produção por unidade de insumo, conforme discute Gasques, 2004.

Figura 2 – Relações entre produção e produtividade



Fonte: Gasques, 2004.

O uso da abordagem da produtividade total dos fatores permite uma análise ampla da evolução da produtividade, pois agrega em um índice as variáveis que a determinam. Assim, a produtividade total dos fatores (*PTF*) mede a relação entre o produto total ou agregado e os insumos utilizados para a sua produção, que no caso da agricultura são terra, trabalho ou mão de obra e capital (PINTO E PINTO, 2016). No conceito de Gasques e Conceição (2000), a produtividade total dos fatores é interpretada como o aumento da quantidade de produto que não é explicado pelo aumento da quantidade dos insumos, mas sim pelos seus ganhos de produtividade.

Pindyck e Rubinfeld (2006) acrescentam que a função de produção permite que insumos sejam combinados em variadas proporções, de forma em que o produto possa ser gerado de diversas maneiras. Sendo assim, um produtor opera eficientemente quando utiliza cada combinação de insumos da forma mais eficaz possível.

2.2 PRODUTIVIDADE NA AGRICULTURA

Os resultados de produção de grãos, devido principalmente ao investimento em pesquisa e desenvolvimento dos setores público-privado e de políticas de incentivo setoriais, levaram o país a tornar-se um grande produtor de alimentos. O salto da produção deu-se sobremaneira pela melhor utilização de insumos, com efeitos diretos sobre a produtividade.

Enquanto o capital foi aumentado, terra e mão de obra tiveram comportamento semelhante, ambos com tendência de redução na quantidade utilizada.

Sobre isso, Gasques *et al.* (2018) aponta uma redução de aproximadamente 3 milhões de pessoas ocupadas na agricultura a partir dos anos 2000 como também as lavouras permanentes reduziram em área plantada, por outro lado, houve aumento das áreas de lavouras temporárias.

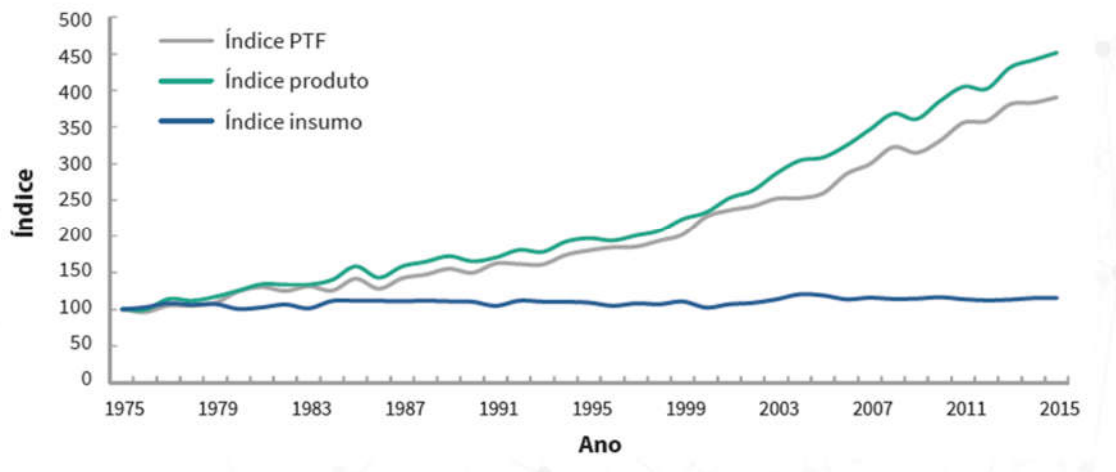
A análise de Gaques *et al.* (2012) mostra que, a partir do cálculo da *PTF*, entre os anos 1975 a 2011, o índice de pessoal ocupado e de terra diminuiu consideravelmente, enquanto o índice de capital (máquinas, defensivos e fertilizantes) aumentou neste mesmo período, juntamente com uma elevação na produtividade.

Strassburg *et al.* (2014) constatou, por meio da estimação da função de produção agropecuária agregada no estado do Paraná, uma agregação tecnológica, ocasionando um aumento de produtividade em relação à soja. A partir da aplicação da Teoria da Produção foi possível a verificação da relação entre produção máxima obtida em determinado período e a utilização dos fatores de produção aplicados para alcançar os melhores resultados.

Gasques e Conceição (2000) utilizaram o índice de Tornqvist que é uma abordagem que tem tido utilização em diversas áreas como agricultura, indústria e infraestrutura, sendo chamada de abordagem do número-índice ou não paramétrica. Como resultado, constatou-se que a produtividade total dos fatores na agricultura brasileira, nos últimos 25 anos, tem seguido uma trajetória crescente.

Em termos agregados, enquanto a produção aumentou 4,5 vezes, a utilização de insumos avançou pouco mais de 15%, o que pode ser explicado pela evolução da produtividade total dos fatores (*PTF*) (Figura 3), que cresceu quase quatro vezes entre 1975 e 2015 (Gasques *et al.*, 2017).

Figura 3 – Índice da produtividade total dos fatores (*PTF*), do produto e do insumo, de 1975 a 2015.



Fonte: Embrapa 2018 *apud* Gasques *et al.*, 2017.

O aumento da *PTF* mostrou que, com o índice de insumos mantendo-se constante em todo o período de 1975-2015, ocorreu um aumento significativo do índice produto para a economia brasileira.

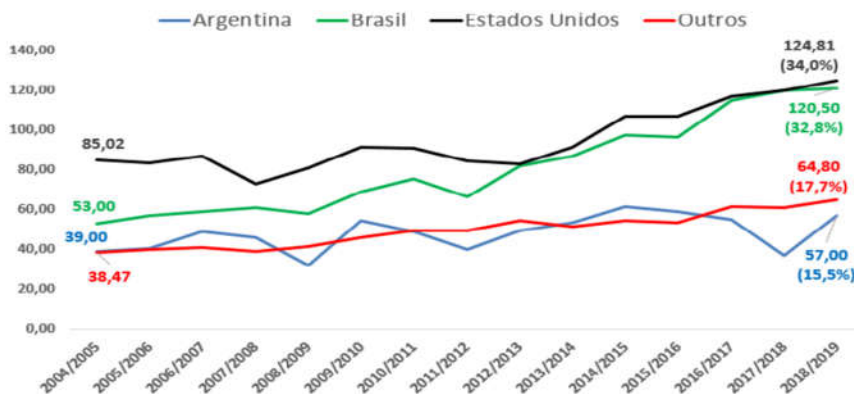
3. EVOLUÇÃO, PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DA SOJA

Este capítulo tem o objetivo apresentar a evolução do cultivo da soja no Brasil, Rio Grande do Sul e na Microrregião de Santa Maria. Na seção 3.1 discute-se a produção brasileira de soja, relacionando-a com outros países produtores. Na seção 3.2, apresenta-se a evolução da produção desde o início do plantio no estado, também é comparado com o aumento da produção no país e principais estados produtores nacionais. A seção 3.3 está relacionada à produtividade na microrregião central do Rio Grande do Sul, tema central deste trabalho. Este item mostra os dados com informações das 13 cidades localizadas na região, como produção, área plantada, preço da soja, entre outros.

3.1 EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE SOJA NO BRASIL

Atualmente, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, com aproximadamente 32,8% da produção global, atrás apenas dos EUA cuja produção atinge cerca de 34% (Figura 4). No final da década de 1960, o país passou a ter uma visão mais estratégica em relação ao grão, onde se iniciava uma grande produção de suínos e aves, gerando demanda por farelo de soja. Em 1966, a produção já passava de 500 mil toneladas no país, crescimento que foi acelerado a partir de 1970, quando ocorreu a explosão de preço no mercado mundial. Cenário em que o Brasil se beneficia de uma vantagem competitiva em relação aos outros países produtores, em que o escoamento da safra brasileira ocorre na entressafra norte-americana, quando os preços atingem as maiores cotações (EMBRAPA, 2019).

Figura 4 – Evolução da produção dos principais países produtores de soja em grão (mi t.)



Fonte: Embrapa 2019.

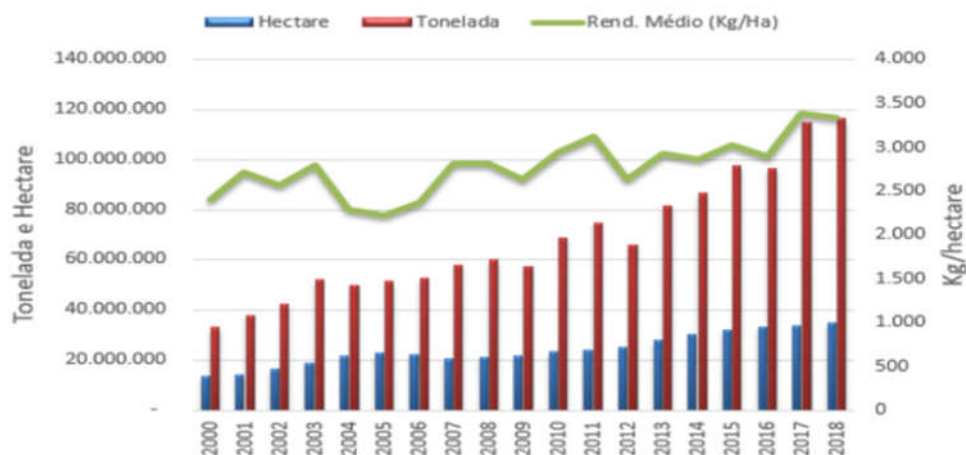
Ainda, de acordo com a Embrapa (2019), a partir desse momento, passa-se a investir em tecnologia para a adaptação da cultura às condições brasileiras, entre o trópico de capricórnio e a linha do equador, cujo impacto foi entre os anos 1980 e 1990, onde se percebe uma redução significativa no preço da soja.

Houve um avanço de quase 26 vezes na área cultivada com soja em apenas 47 anos (1970 a 2017), porém não foi maior do que o crescimento de 76 vezes da produção (que passou de 1,5 milhão de toneladas em 1970 para cerca de 114 milhões de toneladas em 2017) tendo esse desempenho associado ao aumento de 207% da produtividade, que passou de 1.089 kg/ha em 1970 para 3.343 kg/ha em 2017 (DALL'AGNOL, 2017).

Tendo como referência a safra 2016/17, nos últimos 59 anos a produção brasileira de soja expandiu-se à taxa anual de 10,88%, com 8,98% em expansão de área e ganhos de produtividade de 1,83% anuais (EMBRAPA, 2018).

A Figura 5 demonstra a destinação da produção nacional de soja em grão de 118,4 milhões de toneladas, sendo exportadas 72,1 milhões e processadas internamente 43,6 milhões de toneladas. Desse processamento, 33 milhões transformam-se em farelo para ração animal, com exportação de 17 milhões e consumo interno de 16 milhões para abastecer a criação de frangos e suínos. Quanto ao óleo de soja produzido internamente, 42,5% é destinado à produção de biodiesel, sendo o restante destinado ao consumo alimentar (EMBRAPA, 2018). Ainda, conforme Figura 5, pode-se verificar uma tendência de crescimento do rendimento médio da soja, em kg/ha, entre 2000 e 2018.

Figura 5 – Área, produção e produtividade de soja – 2000 a 2018 (mi t.)

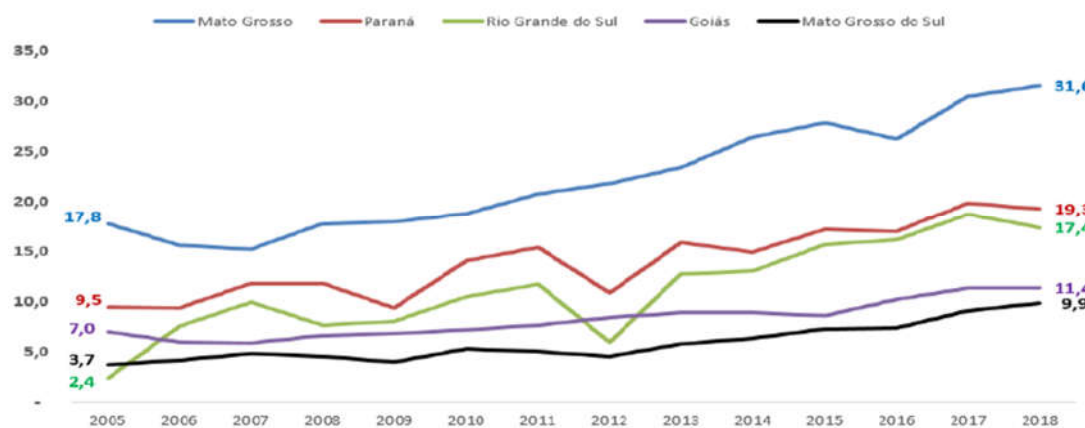


Fonte: Embrapa 2018 *apud* IBGE, 2018.

Segundo a Embrapa (2018), neste processo de expansão da produção, ressalta-se na forte demanda mundial de soja a participação da China. Na safra 2000/01, o país asiático já era um grande importador da oleaginosa, com 13,2 milhões de toneladas, mas ocupava o segundo lugar, atrás da União Europeia com 17,6 milhões de toneladas. Entretanto, na safra de 2016/17 as importações de soja em grão da China atingiram a elevada soma de 93,5 milhões de toneladas, um crescimento de 605,89%, com participação de 64,8% no mercado internacional.

No Brasil, a produção de soja também está concentrada em alguns estados. A Figura 6 apresenta os cinco principais estados produtores de soja no Brasil, os quais foram responsáveis por cerca 90% de toda a produção nacional em 2018. Entre eles destaca-se o estado do Mato Grosso, que em de 2018 foi responsável por mais de 31% da produção no país (EMBRAPA, 2018).

Figura 6 – Evolução da produção dos principais estados produtores de soja em grão (milhões de toneladas)



Fonte: Embrapa 2018 *apud* IBGE, 2018.

Apesar do crescimento da produção, dados do Comitê Estratégico Soja Brasil, conforme cita a Embrapa (2018), demonstram que a produtividade média de soja no Brasil está muito aquém da obtida pelos melhores produtores do país. Tendo-se como referência a safra de 2016/17 em que a produtividade média do Brasil foi de 3.364 kg/ha, o melhor produtor obteve 8.946 kg/ha, o que representa 166% acima da média nacional.

3.2 A SOJA NO RIO GRANDE DO SUL

O estado do Rio Grande do Sul, de longa data, configura-se entre os principais produtores de soja do país. Essa expansão para a região sul do Brasil ocorreu entre as décadas de 1960 e 1970. De acordo com Dall’Agnol (2017), alguns fatores contribuíram para seu rápido estabelecimento, entre eles pode-se destacar:

- Semelhança do ecossistema do sul do Brasil com aquele predominante no sul dos EUA, favorecendo o sucesso na transferência e adoção de cultivares e outras tecnologias de produção;
- Incentivos fiscais aos produtores de trigo durante os anos de 1950, 1960 e 1970, beneficiando igualmente o cultivo da soja, que utilizava, no verão, as mesmas áreas, mão de obra e maquinaria do trigo;
- Estabelecimento da “Operação Tatu”, no estado do Rio Grande do Sul, em meados dos anos 1960, cujo objetivo foi o de corrigir a acidez e a baixa fertilidade dos solos, local onde se concentrava quase totalidade da produção brasileira de soja na época.

De acordo com Feix e Júnior (2019), desde a década de 1970 até o ano de 2018, a produção gaúcha de grãos avançou significativamente, sendo multiplicada em mais de três vezes. O principal vetor deste crescimento foi a produtividade. Os produtores gaúchos investiram em tecnologia da indústria de máquinas e insumos, utilizando novas técnicas de cultivo, além de modificarem seus modelos de organização da produção.

Ainda, a soja constitui uma das principais culturas agrícolas praticadas no Rio Grande do Sul, em termos de área plantada e quantidade produzida. Enquanto a área, entre 2018 e 2019, aumentou 2,4%, a produção teve um aumento de 5,4%. O crescimento da sojicultura foi incentivado tanto pela demanda externa quanto pela elevação dos preços. Especificamente, no período do *boom* das *commodities*, entre 2004 e 2011, a produção da soja aumentou consideravelmente. Após este período, o crescimento seguiu a uma média de 5,9% ao ano.

Com esse crescimento, o Rio Grande do Sul possui a segunda maior área e produção de soja do Brasil. Parte significativa do seu avanço territorial tem se dado em áreas de arroz e pastagem em direção ao centro do estado, mas com uma produtividade média relativamente estável (CONAB, 2017).

Nesta evolução, em 2012, ocorreu redução na produtividade, causada pela grave estiagem naquele ano (GÖRGEN *et al.* 2020). Entretanto, percebe-se uma tendência de

rendimentos crescentes de escala sobre a quantidade produzida em relação à área plantada, o que pode ser observado na Tabela 1. De acordo o IBGE (2019), entre 2008 e 2018 há um aumento na quantidade produzida no Rio Grande do Sul de 128%, superior ao crescimento do Brasil, que foi de 97%. Nesse mesmo período, a área plantada cresceu 50% no estado e 65% no país.

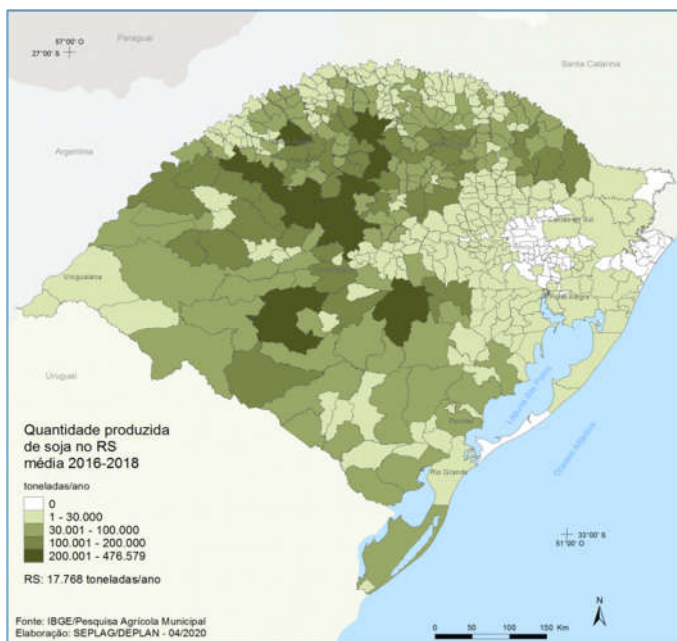
Tabela 1 - Evolução anual da área plantada e da quantidade produzida de soja em grão, no Brasil e no Rio Grande do Sul, entre 2008 e 2018, em ha e ton.

Ano	Brasil		Rio Grande do Sul	
	Área plantada (ha)	Quantidade produzida (t)	Área plantada (ha)	Quantidade produzida (t)
2008	21.252.721	59.833.105	3.804.425	7.679.939
2009	21.761.782	57.345.382	3.823.246	8.025.322
2011	24.032.410	74.815.447	4.075.389	11.717.548
2012	25.090.559	65.848.857	4.269.247	5.945.243
2013	27.498.605	81.724.477	4.727.833	12.756.577
2014	30.308.231	86.760.520	4.990.042	13.041.720
2015	32.206.387	97.464.936	5.263.899	15.700.264
2016	33.339.305	96.394.820	5.464.084	16.209.892
2017	34.004.361	114.732.101	5.541.860	18.744.186
2018	34.831.743	117.887.672	5.709.084	17.538.725

Fonte: Elaborado pela autora com base em Atlas Socioeconômico 2019.

Em termos regionais, conforme o Atlas Socioeconômico (2019), as áreas mais produtivas encontram-se principalmente no norte-noroeste do Rio Grande do Sul, como demonstra a Figura 7. No período 2016-2018, 48 municípios apresentaram produção média superior a 100.000 toneladas/ano e juntos são responsáveis por quase 48% da produção estadual.

Figura 7 – Quantidade produzida de soja no RS média 2016-2018



Fonte: Atlas Socioeconômico 2019.

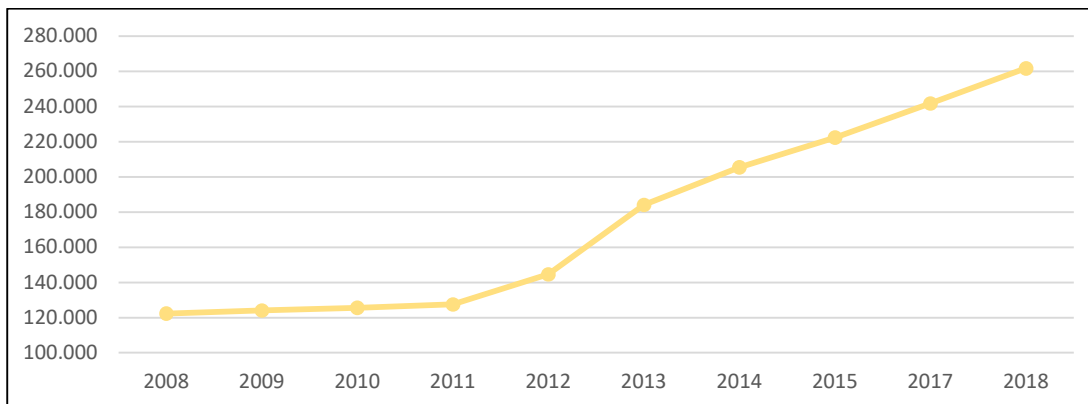
Porém, até os anos 2000, a mesorregião Noroeste correspondia por mais de dois terços da área plantada de soja do estado. Estima-se que essa participação seja de aproximadamente 53% na safra 2019/2020 em decorrência dos avanços mais expressivos da cultura em direção ao Sudoeste e ao Sudeste do estado, em substituição de áreas de pastagem e de outras lavouras temporárias. A região central do estado representava a segunda maior área plantada de soja do Rio Grande do Sul em 2010, evoluindo aproximadamente 57,6% no ano de 2019 (FEIX *et al.*, 2019).

3.3 A PRODUÇÃO DE SOJA NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL

A microrregião central do Rio Grande do Sul é composta por 13 municípios e possui aproximadamente 11.736 km² de extensão territorial, conforme o FEE (2020). Em 2018, a área plantada de soja foi de 261.720 ha, (ou 2.617,20km²), o que representa 22,3% de toda a área do estado. Em comparação com as outras 34 microrregiões do estado, a de Santa Maria encontra-se em uma posição mediana no que se refere à produtividade da soja, ocupando a 18ª posição entre as regiões produtoras do Rio Grande do Sul. Por sua vez, em relação à área plantada, a posição sobe para 9º lugar.

Em termos de área plantada, entre 2009 e 2018, pode-se verificar um aumento de 118% na área utilização à produção de soja, de acordo com o FEE (2020).

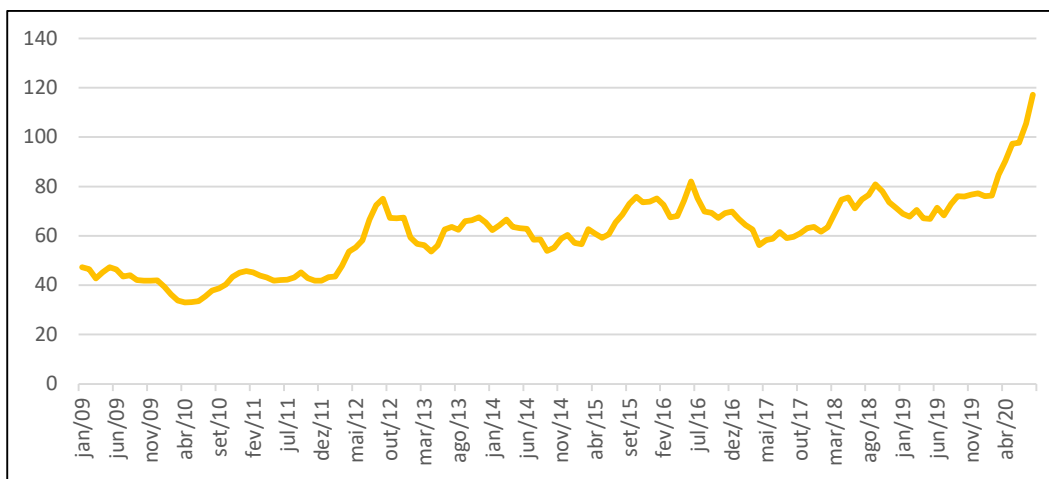
Figura 8 – Área plantada de soja na microrregião de Santa Maria/RS entre 2008 e 2018, em ha.



Fonte: elaborado pela autora com base em DEE Dados 2020. Disponível em <<http://deedados.planejamento.rs.gov.br/feedados/#!pesquisa=0>>. Acesso em: 19 jul. 2020.

O grande aumento da área plantada, assim como a quantidade produzida, a partir de meados de 2012, pode ser explicado pelo aumento no preço da soja, que naquele ano atingiu uma marca histórica com uma elevação de 12,41% em relação ao pico anterior (BLACK, 2015). Esta variação pode ser vista na Figura 9.

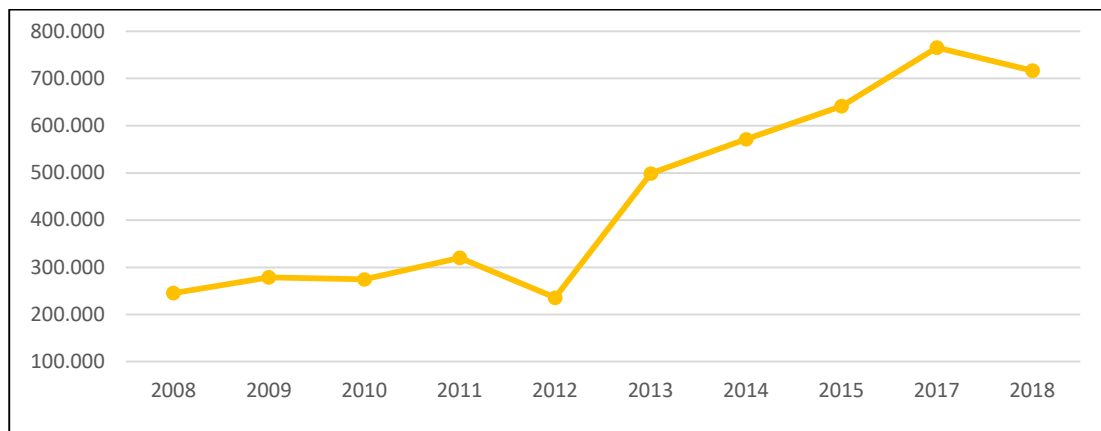
Figura 9 – Variação do preço da Soja - Rio Grande do Sul (em R\$) entre 2009 e 2020



Fonte: Elaborado pela autora com base em Agrolink (2020). Disponível em <<https://www.agrolink.com.br/cotacoes/historico/rs/soja-s--royalts-sc-60kg>>. Acesso em 13 de set. 2020.

Quanto à produtividade, a produção de soja apresentou tendência de crescimento, porém com alguns períodos de redução da quantidade produzida. A redução mais significativa aconteceu no ano de 2012, devido à estiagem ocorrida naquele ano, conforme G1 RS (2012). Considerando o período como um todo, a quantidade produzida de soja, em toneladas, na microrregião de Santa Maria, apresentou aumento de mais de 150%, conforme Figura 10.

Figura 10 – Quantidade produzida de soja na microrregião de Santa Maria/RS entre 2008 e 2018, em ton.



Fonte: Elaborado pela autora com base em DEE Dados 2020. Disponível em <<http://deedados.planejamento.rs.gov.br/feedados/#!/pesquisa=0>>. Acesso em: 19 jul. 2020.

Em termos de rendimento de produção, observa-se variação de 1,67ton/ha em 2009 para 2,67ton/ha no ano de 2018, caracterizando um aumento de cerca de 60% na produtividade nesse período. Entre as cidades da microrregião, destaca-se a São Sepé como sendo a maior área plantada do cultivo de soja, com 63.250ha na safra 2018. Já em relação ao rendimento (kg/ha), a média anual de maior produtividade é no município de Itaara, com rendimento médio de 3.271kg/ha entre 2009 e 2018, conforme encontrado em EMATER (2018).

4. METODOLOGIA

Este capítulo apresenta as definições metodológicas, nas quais são calculadas as variáveis escolhidas para este trabalho. Para tanto, na seção 4.1 discute-se a forma de pesquisa utilizada na coleta de dados, bem como o método de abordagem e aplicação das variáveis. Na seção 4.2 é apresentado o método estatístico, indicando a fórmula utilizada para calcular a produtividade da soja. E a seção 4.3 transcreve os dados e variáveis.

4.1 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

O estudo caracteriza-se como uma pesquisa descritiva e exploratória, visto que, conforme menciona Gil (2017), com base nos dados observados, são analisadas e identificadas as relações entre as variáveis, sendo que são examinadas as variações de produtividade em relação ao aumento da tecnologia implementada no cultivo de soja da microrregião de Santa Maria, no Rio Grande do Sul, no período de 2013 à 2018.

Quanto à abordagem, o estudo é quantitativo, visto que utiliza dados numéricos que possibilitam obter uma conclusão por meio do método de cálculo estatístico. Complementando, Marconi e Lakatos (2017) enfatizam que essa abordagem isenta-se de juízo de valor, sendo os resultados derivados da lógica e dos dados. Sendo assim, a solução deve ser real e objetiva.

4.2 MODELOS TEÓRICO E ANALÍTICO

Para avaliar a produtividade no cultivo de soja da microrregião de Santa Maria, é utilizado o Índice de Tornqvist, como indicador da Produtividade Total dos Fatores (*PTF*), de acordo com Gasques *et al.* (2012). Nesta estrutura, o crescimento da produtividade corresponde a diferença entre o crescimento do produto e o crescimento dos insumos, conforme Equação em (1):

$$\text{Taxa Crescimento da } PTF = \text{Taxa Crescimento da Produção} - \text{Taxa Crescimento dos Insumos} \quad (1)$$

Verifica-se que o crescimento da *PTF* depende do aperfeiçoamento do processo de produção ocorrido pela inovação da tecnologia, da melhoria da qualidade dos insumos, como também de outros fatores relacionados como variação na escala ou no nível de produção, quando o produto por unidade de insumo varia com a escala de produção (GASQUES *et al.*, 2004).

Estruturalmente, cada produto que entra no cálculo do índice é ponderado pela sua participação no valor da produção, assim como cada insumo participa no cálculo de acordo com sua participação no custo total de produção. A estrutura deste índice é composta pelo produto, a soja produzida, e pelos insumos, que correspondem aos fatores terra, mão de obra e capital.

A definição do índice de Tornqvist é:

$$\frac{PTF_t}{PTF_{t-1}} = \frac{\prod_{i=1}^n \left(\frac{Y_{it}}{Y_{i(t-1)}}\right)^{\frac{S_i + S_{i(t-1)}}{2}}}{\prod_{j=1}^m \left(\frac{X_{jt}}{X_{j(t-1)}}\right)^{\frac{C_j + C_{j(t-1)}}{2}}} \quad (2)$$

Aplicando-se logaritmo à expressão anterior, chega-se à seguinte formulação geral expressa em (3)

$$\ln \left(\frac{PTF_t}{PTF_{(t-1)}} \right) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n (S_{jt} + S_{j(t-1)}) \ln \left(\frac{Y_{jt}}{Y_{j(t-1)}} \right) - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m (C_{jt} + C_{j(t-1)}) \ln \left(\frac{X_{jt}}{X_{j(t-1)}} \right) \quad (3)$$

em que Y_{it} e X_{jt} representam, respectivamente, as quantidades dos produtos e insumos, enquanto S e C são as participações do produto i no valor agregado dos produtos e dos insumos j no custo total dos insumos.

Na variável Y os dados utilizados referem-se à produção final de soja da microrregião; na variável X são considerados os insumos tecnologia, área plantada e pessoas empregadas no cultivo de soja na microrregião de Santa Maria; S corresponde a participação da soja no valor agregado e C representa a participação de cada insumo (tecnologia, área plantada e pessoas empregadas no cultivo de soja) no custo total dos insumos.

O lado esquerdo da Expressão em (3), conforme Gasques *et al.* (2004), define a variação da produtividade total dos fatores entre dois períodos sucessivos de tempo. O

primeiro termo depois da igualdade é o somatório dos logaritmos da razão das quantidades de produto em dois períodos de tempo sucessivos, ponderados pela participação de cada produto no valor total da produção. O segundo termo é o logaritmo da razão de quantidades de insumos em dois períodos de tempo sucessivos, ponderados pela participação de cada insumo no custo total.

A relação entre a produtividade total dos fatores no período t (PTF_t) e a produtividade total dos fatores no período anterior (PTF_{t-1}), é obtida calculando-se o exponencial da Expressão em (3). Após, para obter o índice PTF para cada ano, deve ser considerado um ano-base como 100, encadeando-se os índices dos anos subsequentes a partir da Expressão em (4):

$$PTF_t^e = PTF_t \cdot PTF_{t-1}^e, \quad (4)$$

em que os valores sem o sobrescrito e se referem aos índices antes do encadeamento, já os com o sobrescrito e são os índices encadeados. Ressalta-se que o índice referente a PTF é calculado em relação ao período anterior e não a um ano-base.

Após estimação do índice da PTF , o próximo passo é a análise dos resultados, relacionando-os com as variáveis utilizadas, avaliando os principais condicionantes da produtividade da soja na microrregião de Santa Maria, no Rio Grande do Sul.

4.3 DADOS E VARIÁVEIS

4.3.1 Tecnologia

Os dados referentes à tecnologia utilizada para o cultivo de soja na microrregião de Santa Maria, no Rio Grande do Sul, foram coletados no site do Banco Central do Brasil, os quais foram pesquisados com base nas contratações de crédito rural por município, e representa a quantidade total de máquinas e equipamentos agrícolas (colheitadeiras, tratores, implementos, reformas de máquinas, sistemas de captação de água), fertilizantes e defensivos agrícolas (adubação e proteção do solo) e também investimentos em armazéns para depósitos de grãos, utilizados desde o plantio até o final da colheita.

Estes dados foram multiplicados pela quantidade proporcional de produção de soja em relação a outros produtos cultivados em cada município, cuja fonte de dados é o IBGE

Cidades. Assim, obteve-se a quantidade de máquinas, equipamentos e implementos agrícolas utilizados no cultivo de soja.

4.3.2 Área plantada

As variáveis que correspondem à área plantada foram coletadas no site da Associação Rio-grandense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) do estado do Rio Grande do Sul (2018) e representam a quantidade em hectares do plantio de soja, no período de 2013 à 2018, na microrregião de Santa Maria, Rio Grande do Sul. Para calcular o custo de produção, foi utilizado valores de arrendamento para cada município. Para cultivo de soja e os demais cultivos, utilizou-se como base de cálculo a quantidade de hectares arrendadas, multiplicado pelo valor total de arrendamento por município, de acordo com os dados do IBGE (Censo 2006).

Após coletar todos os dados de 2006, foi calculado a partir do índice IGP-M, o valor de arrendamento para os anos subsequentes, pois o Censo Agropecuário do IBGE não possui dados anuais e naquele ano foi o último período que se encontram estes dados. Já em relação à área plantada para os demais cultivos, foram coletadas as informações do site FEE Dados. Assim sendo, foi possível mensurar a área plantada no cultivo da soja em relação aos demais produtos cultivados na região e nos respectivos municípios e a sua participação no custo total para o insumo.

4.3.3 Pessoal ocupado

Em relação aos dados de pessoas ocupadas, eles foram coletados no escritório local da EMATER, na cidade de Santa Maria - RS, e representam o total de pessoas empregadas na atividade de soja, do plantio à colheita, em cada município da microrregião de Santa Maria. As informações sobre os salários dos trabalhadores no cultivo de soja foram coletadas do site “salario.com.br”, os quais foram considerados conforme a CBO 622020 (auxiliar de agricultura) no ano de 2020.

Este site busca, por meio de pesquisas aos sites oficiais, como CAGED, eSocial e Empregador Web, obter o salário médio por município para cada cargo. Para a atividade de soja não foram encontrados os salários correspondentes para cada município, portanto, foi

utilizada a CBO mais próxima para realizar o cálculo. Utilizou-se o índice IPCA para calcular os salários dos anos anteriores.

Para calcular a participação do pessoal ocupado na atividade da soja em relação a outros produtos cultivados na região, a fonte de informações de salários para outras ocupações é do IBGE Cidades, os quais trazem valores atuais de acordo com o último censo (2018), que foram deflacionados conforme o IPCA para que fosse possível obter os valores de salários dos anos anteriores.

4.3.4 Quantidade produzida

As informações de quantidade produzida de soja e outros produtos agrícolas, em toneladas, foram coletadas no site IBGE, para as quais constam dados anuais até 2018. Para calcular a proporção da produção de soja em relação aos demais cultivos foram utilizados os produtos com maior participação na produção em cada município para, posteriormente, calcular o índice de produtividade.

4.3.5 Municípios e período de análise

Os municípios que fazem parte da microrregião de Santa Maria são: Cacequi, Dilermando de Aguiar, Itaara, Jaguari, Mata, Nova Esperança do Sul, Santa Maria, São Martinho da Serra, São Pedro do Sul, São Sepé, São Vicente do Sul, Toropi e Vila Nova do Sul. O período de análise, por limitação dos dados, restringiu-se ao intervalo de seis anos, entre 2013 e 2018.

5. RESULTADOS

Este capítulo tem como objetivo apresentar os resultados obtidos pelo emprego da metodologia e a análise da produtividade. Para tanto, a seção 5.1 apresenta o resultado do índice da microrregião de Santa Maria. Na seção 5.2 são apresentados os resultados por município da microrregião. E a última seção, 5.3, traz o comparativo dos resultados entre todos os municípios analisados.

5.1 RESULTADO DO ÍNDICE DE PRODUTIVIDADE À MICRORREGIÃO DE SANTA MARIA - RIO GRANDE DO SUL

A análise dos resultados inicia-se com a apresentação do resultado do Índice de Tornqvist, para a Produtividade Total de Fatores (*PTF*), à microrregião de Santa Maria, Rio Grande do sul, para o período 2013-2018. A Tabela 2, além da *PTF*, apresenta também os resultados do índice do produto e do índice do insumo, os quais foram obtidos a partir da expressão em (3).

Tabela 2 – Índices de Tornqvist para *PTF*, Produto e Insumo para a microrregião de Santa Maria, Rio Grande do Sul, para o período 2013-2018.

Ano	Índice produto	Índice insumo	PTF
2013	100,00	100,00	100,00
2014	105,60	116,67	90,51
2015	105,23	112,06	93,91
2016	99,45	104,84	94,86
2017	110,38	108,34	101,88
2018	96,54	113,84	84,80

Fonte: Resultados da pesquisa (2021).

Observa-se que a produtividade total dos fatores, na microrregião de Santa Maria, reduziu ao longo dos últimos anos, exceto em 2017. Em 2014, a *PTF* reduziu-se para 90,81%

em relação ao ano anterior (ano-base da análise). Isso se deve ao fato de que o índice do insumo obteve um aumento proporcionalmente maior do que o índice produto no mesmo período; enquanto o primeiro evolui para 116,67, o segundo atingiu 105,60. Nos anos seguintes a *PTF* se comportou da mesma forma, exceção ocorreu em 2017, quando a produtividade apresentou crescimento em relação ao ano anterior, ocasionado pela alta da produção de soja. Neste mesmo ano, os índices do produto e dos insumos cresceram de forma praticamente equivalente.

Na safra 2017, houve um grande aumento no rendimento da soja, passando de 2.989 kg/ha em 2016 para 3.341 kg/há, em 2017. Além desse crescimento, ocorreu o aumento da área plantada, de aproximadamente 5% na região nesse período (DEEDADOS, 2020). Ainda, a safra 2017 obteve recorde de produção devido às condições climáticas que favoreceram o cultivo naquele ano. Em números absolutos, a produção passou de 628.894 ton. para 761.264 ton. em 2017 (CORREIO DO POVO, 2017).

Ainda, no estado do Rio Grande do Sul, conforme mostra Feix *et al.* (2017), em 2017 o crescimento da produção de soja foi de 14,6% em relação ao ano anterior, enquanto a área plantada aumentou somente 1,2%. O autor afirma que esse crescimento é também impulsionado pela demanda externa e a alta dos preços recebidos pelos agricultores.

De acordo com a Embrapa (2017), todo o estado do estado do Rio Grande do Sul possui grande variação de produtividade que pode ser explicada, principalmente, pelo déficit hídrico no período do plantio de soja. Isso fica perceptível em um aumento no índice de insumos e a queda no índice produto, como nos anos 2016 e 2018.

Ainda, os resultados mostram uma queda no investimento de máquinas, equipamentos e implementos agrícolas, o que pode impactar diretamente na produtividade, caso da redução observada entre os anos 2014 a 2016 e também em 2018.

Outro fator importante que influencia indiretamente na produtividade da soja é o nível de escolaridade dos produtores. De acordo com o IBGE (2017), uma grande porcentagem de produtores possui somente o ensino fundamental, o que pode significar um baixo nível de estudo e aperfeiçoamento das técnicas de cultivo.

5.2 RESULTADO DO ÍNDICE DE PRODUTIVIDADE PARA OS MUNICÍPIOS DA MICRORREGIÃO SANTA MARIA

Buscando analisar especificamente a produtividade da soja, os resultados a seguir referem-se aos municípios da microrregião de Santa Maria. Assim como foi realizado na seção anterior, é apresentada a *PTF* e os índices do produto e do insumo que o compõem para os 13 municípios que compõem a microrregião analisada. Inicia-se com os resultados para o município de Cacequi (ver Tabela 3).

Tabela 3 – Índices de Tornqvist para *PTF*, Produto e Insumo para o município de Cacequi, entre 2013-2018.

Ano	Índice produto	Índice insumo	<i>PTF</i>
2013	100,00	100,00	100,00
2014	103,21	110,05	93,78
2015	104,86	100,01	104,86
2016	92,44	87,85	105,23
2017	106,48	108,76	97,90
2018	106,50	125,32	84,99

Fonte: Resultados da pesquisa (2021).

Cacequi obteve crescimento dos insumos e da produção em quase todo o período. Já a *PTF* somente apresentou aumentos nos anos 2015 e 2016, visto que o crescimento dos insumos foi maior do que o aumento da produção de soja nesses períodos.

O município de Cacequi possui a soja como a segunda principal produção agrícola, ficando atrás da cultura de arroz, porém, com maior participação na área plantada. O seu rendimento anual possui estabilidade ao longo dos anos, produzindo em média 2.400 kg/ha, de acordo com dados do IBGE (2019), no entanto, encontra-se abaixo da média da microrregião de Santa Maria, que foi de 2.871 kg/ha no período de 2013-2018. A produção

do município, em 2018, representou cerca de 8,3% da produção de soja da microrregião de Santa Maria.

A Tabela 4 apresenta os resultados de *PTF* e índices produto e insumo para o município de Dilermando de Aguiar, que obteve crescimento na produção em quase todo o período. Entretanto, o crescimento proporcionalmente maior dos insumos em relação à produção fez com que a produtividade dos fatores reduzisse em todos os anos, exceto 2017, ano em que houve uma pequena redução no índice do insumo.

Tabela 4 – Índices de Tornqvist para *PTF*, Produto e Insumo para o município de Dilermando de Aguiar, entre 2013-2018.

Ano	Índice produto	Índice insumo	<i>PTF</i>
2013	100,00	100,00	100,00
2014	94,37	122,47	82,76
2015	106,01	135,47	89,11
2016	100,00	120,61	89,10
2017	106,54	99,98	100,39
2018	109,45	119,27	90,14

Fonte: Resultados da pesquisa (2021).

A participação da soja na produção agrícola do município vem crescendo ao longo de todo o período, passou de 58,25% em 2013 para 76,99% em 2018, conforme os dados da pesquisa citados em 4.3. Já em relação à área plantada, a participação passa de 95% em 2013 para 97% em 2018, o que significa uma grande utilização do insumo terra em relação à produção de soja, a qual explica o grande aumento no índice de insumos. Em números absolutos, a área plantada quase dobrou desde o início do período, passando de 13.200ha em 2013 para 22.000ha em 2018. A produção do município representa 9,2% da produção de soja da microrregião de Santa Maria em 2018.

O próximo município analisado é Itaara, o qual obteve variações de crescimento e redução na produção e nos insumos em todo o período, conforme Tabela 5. O ano de 2017

foi o de maior crescimento na *PTF*, pois a produção aumentou 12,8% aproximadamente em relação ao ano anterior, mantendo-se os insumos constantes.

Tabela 5 – Índices de Tornqvist para *PTF*, Produto e Insumo para o município de Itaara, entre 2013-2018.

Ano	Índice produto	Índice insumo	<i>PTF</i>
2013	100,00	100,00	100,00
2014	109,11	131,97	82,68
2015	95,52	87,64	108,99
2016	99,29	114,50	86,71
2017	118,08	100,56	117,42
2018	106,33	99,76	106,58

Fonte: Resultados da pesquisa (2021).

Neste município, a soja representou 68% da produção agrícola no ano de 2018, sendo o principal cultivo entre os demais produzidos no período. Ainda, Itaara possui a maior média de rendimento entre todos os municípios da microrregião de Santa Maria. Anualmente, o rendimento médio de soja foi de 3.493 kg/ha, maior do que a média de todo o país. Em 2018, o município chegou a produzir, aproximadamente, 4.200 kg/ha, de acordo com o IBGE (2019), embora sua participação, em termos de produção na microrregião de Santa Maria em 2018, tenha sido pequena, de 1,75% da produção total.

A Tabela 6 apresenta os resultados dos índices do produto, do insumo e para a *PTF* para o município de Jaguari. Verifica-se redução na *PTF* na maior parte do período, exceto em 2017, cujo aumento da produção foi superior ao aumento nos insumos. Em 2018, o grande aumento no índice do insumo está relacionado com a expansão da área plantada e da quantidade de pessoal ocupado na atividade da soja. Enquanto a produção obteve crescimento de 40% de em 2018, a área plantada e o pessoal ocupado cresceram 46% e 25%, respectivamente.

Tabela 6 – Índices de Tornqvist para *PTF*, Produto e Insumo para o município de Jaguari, entre 2013-2018.

Ano	Índice produto	Índice insumo	<i>PTF</i>
2013	100,00	100,00	100,00
2014	94,37	103,33	91,34
2015	106,01	110,55	95,89
2016	100,00	100,85	99,15
2017	106,54	106,42	100,11
2018	109,45	162,35	67,41

Fonte: Resultados da pesquisa (2021).

A participação da produção de soja no município encontra-se em segundo lugar, ficando atrás do cultivo de arroz, representando 28% da produção agrícola total, muito próximo da cana-de-açúcar, que representa 26%. No município, a produção de soja possui rendimento médio menor do que o da microrregião de Santa Maria, mas atingiu a maior quantidade por hectare em 2017, quando produziu, aproximadamente, 3.000kg/ha. A produção do município representa 3,41% da produção de soja da microrregião de Santa Maria em 2018.

Os resultados dos índices e da *PTF* do município de Mata estão representados na Tabela 7. Verifica-se que a produtividade de fatores apresentou queda na *PTF* em todo o período, exceto 2015. Também, constata-se que a produção de soja se manteve crescente, porém, o índice do insumo demonstra um aumento maior em relação ao índice do produto.

Em 2015, mesmo com a queda na produção, houve uma maior queda na utilização de insumos, isso proporcionou um pequeno aumento de produtividade. Em 2014, houve grande crescimento da participação dos insumos terra e capital na produção de soja em relação aos demais produtos agrícolas, principal fator na redução da *PTF*. A mesma situação ocorre no ano de 2018, quando a produtividade caiu significativamente, atingindo o menor resultado do período analisado.

Tabela 7 – Índices de Tornqvist para *PTF*, Produto e Insumo para o município de Mata, entre 2013-2018.

Ano	Índice produto	Índice insumo	<i>PTF</i>
2013	100,00	100,00	100,00
2014	104,67	136,04	76,94
2015	99,49	99,26	100,24
2016	100,07	112,10	89,27
2017	107,77	111,10	97,00
2018	105,99	131,09	80,85

Fonte: Resultados da pesquisa (2021).

Em números absolutos, Mata possui pequena produção de soja em relação aos demais municípios da microrregião, representando apenas 1,25% da produção total, em 2018. Já em relação aos demais produtos agrícolas, a soja representa 27% no município, chegando muito próximo da quantidade produzida de arroz, em 2018. Em termos de rendimento, o município possui produção por área menor do que a média da microrregião, mas nos períodos de 2017 e 2018, atingiu 3.000kg/ha.

A Tabela 8 apresenta os resultados dos índices do produto, do insumo e da *PTF* para o município de Nova Esperança do Sul. O município apresentou aumento da *PTF* em quase todos os anos analisados, exceto em 2014 e 2018. Nesses períodos, houve redução na produção de soja, com pequenas alterações no índice de insumos, ocasionando a queda na produtividade. Em 2015, a participação da produção de soja passou de 50% em relação aos demais produtos agrícolas, o que explica também o elevado crescimento da *PTF*.

Tabela 8 – Índices de Tornqvist para *PTF*, Produto e Insumo para o município de Nova Esperança do Sul, entre 2013-2018.

Ano	Índice produtos	Índice insumos	<i>PTF</i>
2013	100,00	100,00	100,00
2014	87,26	103,70	84,15
2015	112,33	101,41	110,77
2016	105,12	100,08	105,03
2017	105,77	103,19	102,51
2018	95,30	99,15	96,12

Fonte: Resultados da pesquisa (2021).

A participação da produção de soja em Nova Esperança do Sul foi de 1,51% da produção total da microrregião de Santa Maria em 2018. Já em relação aos rendimentos, o município possui maior média em relação à microrregião, produzido 3.150kg/ha no período analisado. O resultado foi maior do que a média do Rio Grande do Sul que, em 2018, foi de 3.072kg/ha, conforme informações de Feix e Júnior (2019).

Os resultados dos índices produto, insumo e *PTF* do município de Santa Maria estão apresentados na Tabela 9. O maior município da microrregião apresentou retração na produtividade de fatores, ocasionada pelo aumento na utilização de insumos em relação ao crescimento da produção. Exceção ocorreu no ano de 2017, único em que houve aumento na produtividade; nesse ano também se observa o crescimento proporcionalmente maior na produção em relação aos insumos. De todo o período analisado, a quantidade produzida de soja foi maior em 2017, com crescimento de 14% em relação a 2016.

Tabela 9 – Índices de Tornqvist para *PTF*, Produto e Insumo para o município de Santa Maria, entre 2013 e 2018.

(continua)

Ano	Índice produtos	Índice insumos	<i>PTF</i>
2013	100,00	100,00	100,00

(continuação)

Ano	Índice produtos	Índice insumos	PTF
2014	102,37	108,05	94,74
2015	108,77	112,73	96,48
2016	102,99	107,74	95,59
2017	109,62	102,90	106,53
2018	99,97	108,81	91,87

Resultados da pesquisa (2021).

Em termos de participação, o município de Santa Maria possui 22% da produção de soja da microrregião, ocupando a primeira posição. Em 2017, chegou a produzir 157.974 toneladas, com um rendimento de 3.361kg/ha e área plantada de soja de 49.345ha em 2018, e uma participação de 69% da produção agrícola municipal.

Na sequência apresentam-se os resultados dos índices produto, do insumo e da *PTF* para o município de São Martinho da Serra (ver Tabela 10). Verifica-se uma variação entre redução e crescimento da *PTF* nos seis anos analisados, enquanto em 2014, 2016 e 2018, o índice do produto cresceu menos do que o índice insumo, ocasionando a redução da *PTF*, em 2015 e 2017 a produtividade total de fatores elevou-se.

Tabela 10 – Índices de Tornqvist para *PTF*, Produto e Insumo para o município de São Martinho da Serra, entre 2013-2018.

Ano	Índice produto	Índice insumo	<i>PTF</i>
2013	100,00	100,00	100,00
2014	104,23	113,70	91,67
2015	104,54	103,12	101,38
2016	99,79	107,52	92,81
2017	107,73	99,93	107,80
2018	101,13	101,54	99,59

Fonte: Resultados da pesquisa (2021).

São Martinho da Serra é o segundo município com maior produção de soja da microrregião de Santa Maria, com participação de 15,78%. No período analisado não houve crescimento significativo da produção, porém mantendo-se em índices elevados, ocorrendo uma pequena queda no ano de 2016. Ainda, a soja é predominante na produção agrícola do município, atingindo 89% em 2018. Ressalta-se que a agropecuária representa 68% do valor adicionado bruto neste município, de acordo com dados do Sebrae (2019).

A Tabela 11 apresenta os resultados da *PTF* e índices do produto e insumo para o município de São Pedro do Sul, que apresentou, em todo o período, um aumento proporcionalmente maior no índice do insumo em relação ao índice do produto. Isso se refletiu em uma redução na *PTF*, mesmo que a produção esteja com uma tendência crescente. O aumento considerável ocorreu na área plantada, que mais do que dobrou desde o ano-base até 2018. A participação do capital na produção também obteve crescimento significativo, contribuindo para a o aumento no índice do insumo e, conseqüentemente, a redução da *PTF*.

Tabela 11 – Índices de Tornqvist para *PTF*, Produto e Insumo para o município de São Pedro do Sul, entre 2013-2018.

Ano	Índice produto	Índice insumo	<i>PTF</i>
2013	100,00	100,00	100,00
2014	103,96	132,70	78,34
2015	112,21	119,18	94,16
2016	100,38	109,24	91,89
2017	113,56	133,92	84,80
2018	104,73	132,96	78,77

Fonte: Resultados da pesquisa (2021).

A participação da soja na produção agrícola total do município passou de 18,69% em 2013 para 42,02% em 2018. Isso explica o elevado crescimento da produção que, em números absolutos, passou de 13.860 para 39.951 toneladas no período. Em relação aos rendimentos, possui maior média na produção, com 2.924kg/ha no período analisado. Porém o município possui ainda apenas 5,57% da produção de soja da microrregião de Santa Maria, considerando o ano de 2018.

Na Tabela 12, apresenta-se os resultados da *PTF*, índices do produto e do insumo para São Sepé, município que apresentou aumento no índice do insumo em todo o período; por outro lado, o índice do produto cresceu no ano 2014 e no ano de 2017. No primeiro, o crescimento foi menor que o do insumo, já no segundo, foi maior, conseqüentemente, a produtividade total de fatores caiu em 2014 e cresceu em 2017.

Tabela 12 – Índices de Tornqvist para *PTF*, Produto e Insumo para o município de São Sepé, entre 2013-2018.

Ano	Índice produto	Índice insumo	<i>PTF</i>
2013	100,00	100,00	100,00
2014	116,02	117,62	98,64
2015	99,75	116,12	85,90
2016	99,84	100,10	99,73
2017	119,64	117,02	102,24
2018	73,81	108,25	68,19

Fonte: Resultados da pesquisa (2021).

São Sepé é o terceiro município da microrregião com maior produção de soja, com 15,77% de participação, ficando atrás apenas de Santa Maria e quase igualando-se a São Martinho da Serra. A quantidade produzida aumentou significativamente em 2014 e 2017, crescendo aproximadamente 39% e 34%, respectivamente. O rendimento da produção está abaixo da média da microrregião, porém, isso ocorre devido ao ano de 2018, que registrou queda brusca no rendimento da soja, o que pode explicar a produtividade extremamente baixa naquele ano.

O município de São Vicente do Sul tem seus resultados apresentados na Tabela 13. A análise permite observar que ocorreu crescimento no índice do insumo entre 2014 e 2016 maior do que o crescimento do índice do produto, o que ocasionou em queda na produtividade dos fatores. Por sua vez, diferentemente da maioria dos municípios da microrregião, nos anos de 2017 e 2018, observa-se aumento da *PTF* ocasionado pelo maior aumento do produto em relação ao insumo.

Tabela 13 – Índices de Tornqvist para *PTF*, Produto e Insumo para o município de São Vicente do Sul, entre 2013-2018.

Ano	Índice produtos	Índice insumos	<i>PTF</i>
2013	100,00	100,00	100,00
2014	108,74	148,37	73,29
2015	105,28	120,88	87,09
2016	92,03	106,18	86,67
2017	113,73	106,17	107,12
2018	113,58	105,57	107,59

Resultados da pesquisa (2021).

O aumento no índice insumo em 2014 é explicado pelo crescimento da área plantada de 33%, assim como sua participação nos insumos em relação aos demais produtos produzidos no município. Assim sendo, o aumento da *PTF* em 2017 e 2018 está relacionada ao crescimento da produção, que foi de aproximadamente 28% nos dois períodos, enquanto que os insumos se mantiveram com baixo crescimento no período.

São Vicente do Sul produz 11% da soja de toda a microrregião, no entanto, possui rendimento abaixo da média e a participação da soja na produção agrícola do município representou pouco mais da metade do total produzido pela agricultura (51%) em 2018.

A Tabela 14 apresenta os resultados da *PTF*, índices do produto e dos insumos para o município de Toropi. Entre os resultados, chama atenção o grande aumento dos índices insumos, principalmente, a partir de 2016, o que impactou diretamente nas consecutivas reduções nas *PTF*'s em todo o período. Em 2018, a área plantada cresceu 81% e o índice do insumo mais que duplicou em relação ao ano anterior, explicando a queda significativa da produtividade.

Tabela 14 – Índices de Tornqvist para *PTF*, Produto e Insumo para o município de Toropi, entre 2013-2018.

Ano	Índice produtos	Índice insumos	<i>PTF</i>
2013	100,00	100,00	100,00
2014	98,11	99,46	98,64
2015	102,23	112,26	91,07
2016	106,42	128,52	82,80
2017	101,55	112,42	90,33
2018	111,89	216,71	51,63

Fonte: Resultados da pesquisa (2021).

A participação da soja na produção agrícola de Toropi representou 28% em 2018, no entanto, somente 0,89% da produção de soja na microrregião central de Santa Maria é produzida no município. O rendimento da produção é próximo à média da microrregião, com 2.862kg/ha no período analisado.

Finalizando a análise por município, apresenta-se o resultado da produtividade total de fatores para o município de Vila Nova do Sul, conforme Tabela 15. De forma geral, observa-se que a *PTF* variou no período, com mais quedas do que crescimento, inclusive com as quedas apresentando maior magnitude, atingindo o menor valor em 2018.

Tabela 15 – Índices de Tornqvist para *PTF*, Produto e Insumo para o município de Vila Nova do Sul, entre 2013-2018.

(continua)

Ano	Índice produtos	Índice insumos	<i>PTF</i>
2013	100,00	100,00	100,00
2014	117,66	113,29	103,86
2015	112,78	120,67	93,46

(continuação)

Ano	Índice produtos	Índice insumos	PTF
2016	102,53	155,54	65,92
2017	127,52	118,77	107,37
2018	69,07	116,88	59,10

Fonte: Resultados da pesquisa (2021).

O crescimento da participação do capital e da área plantada obtiveram maiores impactos nas quedas de produtividade do período. A produção cresceu em todo o período, exceto 2018, que caiu aproximadamente 39% em relação a 2017. Ressalta-se que, em 2017 foi o ano com maior crescimento na produção, atingindo 36% em relação ao ano anterior.

Em termos de participação, Vila Nova do Sul possui cerca de 3% da produção de soja da microrregião de Santa Maria e o rendimento da produção se manteve maior do que a média da microrregião, porém, caiu consideravelmente em 2018, explicando assim a brusca queda na *PTF* naquele ano.

5.3 COMPARATIVO DA PRODUTIVIDADE ENTRE OS MUNICÍPIOS

Nesta seção complementar é realizada análise comparativa dos municípios, procurando destacar aqueles com maior produtividade na produção da soja, na microrregião de Santa Maria. De acordo com as informações das Tabelas de 3 a 15, que apresentam os índices do insumo, do produto e da produtividade total dos fatores dos municípios, verifica-se o aumento contínuo no índice do insumo em quase todos os municípios analisados. Entretanto, a maioria também apresentou queda na *PTF* em decorrência da produção ter crescido proporcionalmente menos em relação a utilização dos insumos.

De acordo com o resultado da pesquisa, a Microrregião de Santa Maria obteve um crescimento de, aproximadamente, 45% na produção entre 2013 e 2018, apesar de que neste período não houve crescimento de produtividade, exceto em 2017, como pode ser visto na Tabela 2 da seção 5.1.

Os municípios que apresentam maiores aumentos de produtividade em todo o período foram Cacequi, Itaara e Nova Esperança do Sul, enquanto os demais obtiveram mais quedas na *PTF* ocasionadas, principalmente, pelo grande crescimento dos insumos. Ainda, observou-se que em todos os municípios ocorreu aumento de área plantada ao longo do período, pois assim como foi discutido, o cultivo se expandiu para as áreas de arroz e pastagem, explicando assim esse crescimento do insumo.

Analisando anualmente, em 2014 verificou-se grandes aumentos de produção em dez municípios, exceto Dilermando de Aguiar, Jaguari e Toropi, os quais exibiram uma pequena queda. Dos municípios em que a produção cresceu, somente em dois verificou-se aumento na *PTF*, pelo motivo de que houve crescimento dos insumos com proporção maior do que o índice de produção.

Em 2015, entre todos os municípios, nove apresentaram crescimento de produção, com exceção de Itaara, Mata, Nova Esperança do Sul e São Sepé, os quais reduziram o total produzido de soja. Nesse ano, quatro municípios elevaram a *PTF* em relação ao ano anterior. No ano seguinte, os municípios aumentaram a produção de soja, porém, entre eles, somente dois obtiveram aumento de produtividade. Já o ano de 2017 foi único, dentro do período de análise, em que observou aumento na produção em todos os municípios. Ainda assim, somente nove obtiveram aumento de produtividade, visto que nos demais o índice do insumo cresceu a taxas mais elevadas.

E no último ano, de 2018, entre os 13 municípios da microrregião, dez obtiveram aumento na produção de soja, porém, somente três aumentaram a produtividade. Nos municípios em que a *PTF* reduziu, percebe-se grande crescimento do índice insumo. Nesses, a área plantada foi o principal fator de aumento do índice.

Em síntese, pode-se constatar que a tecnologia não representa o principal aumento na utilização dos insumos, o que pode explicar o baixo crescimento na produtividade no período analisado.

5.4 FATORES DIRETOS E INDIRETOS QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE

Esta última seção tem como objetivo analisar os principais fatores, diretos e indiretos, que levam ao aumento ou redução da produtividade da soja. Gasques *et al.* (2004) explica que vários fatores afetam a produtividade, entre eles a sensibilidade dos agricultores às mudanças nos preços dos insumos, isso faz com que eles alterem a utilização dos fatores

produtivos. Se há um aumento no salário da mão-de-obra em relação ao preço do capital, os agricultores tentarão usar mais o capital no lugar do trabalho. Ainda, o fator que favorece o aumento da produtividade, de acordo com Gasques *et al.* (2012) é o investimento em pesquisa e desenvolvimento em tecnologia, assim como os serviços de orientação fornecidos por organizações, como a EMBRAPA. Também, os resultados mostram que um aumento de 1% nos gastos com pesquisa resulta em acréscimo de 0,35% sobre a *PTF*.

Outro fator relacionado, conforme discute Concenço (2017), está ocupação de áreas inadequadas para o cultivo de soja, como por exemplo, áreas de arroz irrigado cuja utilização limita o crescimento da produção e da produtividade. Para a implantação da cultura nesses ambientes, há um extenso trabalho de adaptação das variedades de soja, sendo assim, este fator pode contribuir para uma queda na produtividade.

Nesta mesma linha, o processo de reversão produtiva se faz importante quando há um monocultivo de soja, conforme cita Caetano *et al.* (2018), que leva a uma degradação do solo e, por consequência, redução de produtividade. Na reversão produtiva é utilizada a adubação verde, capaz de auxiliar na recuperação do solo, melhorando suas condições físicas, químicas e biológicas. Outra prática que contribui para o aumento de produtividade é a rotação de culturas. No período inverso ao plantio da soja, a rotação de culturas em uma mesma área é muito importante para a recuperação do solo, também evita o desenvolvimento de pragas e doenças devido à alternância de espécies de plantas hospedeiras (CONTE, 2021).

No que diz respeito à transgenia, processo de modificação de sementes que contribuiu para o aumento da produtividade, pode-se afirmar que, devido ao seu alto custo, muitos produtores não adquirem sementes com as melhores biotecnologias (VASCONCELOS, 2020). A soja transgênica chegou ao Brasil a partir de 1996, quando produtores brasileiros observaram que os vizinhos argentinos possuíam acesso a uma tecnologia que facilitava o controle e manejo de pragas. Atualmente, a adoção de soja transgênica no Brasil é superior a 90%. (MAIS SOJA, 2020). Portanto, os componentes de rendimento da soja podem ser geneticamente predeterminados, contudo, sofrem influência do ambiente em que estão expostos, gerando uma relação direta com a produtividade (MACULAN, 2019).

De acordo com Becker (2015), o uso de sementes certificadas, ou aquelas que são de alta qualidade por possuírem elevada tecnologia, ainda são de baixo uso no estado do Rio Grande do Sul, como também na Microrregião de Santa Maria. Este aspecto pode ser um dos principais determinantes à redução da *PTF* nesses municípios, devido sobremaneira à baixa resistência a vários fenômenos que podem ocorrer durante o cultivo da soja.

Ainda, ressalta-se o custo de produção da soja, o qual muitas vezes se torna um gargalo para os produtores. De acordo com o Conab (2016), o custo total de produção consiste no somatório do custo operacional mais a remuneração atribuída aos fatores de produção. Tanto os custos variáveis, como os gastos com máquinas, mão-de-obra, sementes, fertilizantes, transportes e armazenagem, quanto os custos fixos, que são despesas com depreciação, manutenção de máquinas, encargos sociais e terra, vêm aumentando em todo o país. Ainda, segundo a Conab (2016), há uma tendência de aumento no valor do custo por saca para a produção de soja ao mesmo tempo que é visível a desvalorização do Real frente ao Dólar. Esta relação se justifica pelo fato de os principais insumos utilizados, como fertilizantes e agrotóxicos, serem cotados na moeda estrangeira, onerando ainda mais a produção da oleaginosa.

6. CONCLUSÕES

O trabalho teve como finalidade analisar como a tecnologia tem contribuído para o aumento da produção e da produtividade de soja na Microrregião de Santa Maria, no Rio Grande do Sul, no período entre 2013 e 2018. Para isso, foi calculada a *PTF* por meio do Índice de Tornqvist, a partir de dados de tecnologia, pessoal ocupado e área plantada. Após as análises, foi verificado que houve significativos aumentos de produção, porém a produtividade não apresentou crescimento na mesma proporção.

Diante dos objetivos e as análises, pode-se perceber que, apesar do constante crescimento no uso de insumos, a tecnologia existente na Microrregião de Santa Maria nem sempre foi capaz de proporcionar crescimento na produtividade de soja. Na maioria dos municípios foi observado queda na *PTF* relacionada ao maior crescimento nos insumos do que no produto. Isso se deve, em parte, às variações que não podem ser controladas pelos produtores, principalmente, no que se refere ao clima da região, que pode gerar vários fenômenos da natureza que faz reduzir a produção e, por consequência, a produtividade.

Assim sendo, percebe-se que a tecnologia está relacionada diretamente com a produtividade, visto que verificou-se que a inovação tecnológica não é o recurso mais utilizado na microrregião de Santa Maria, o que causa impacto negativo na produtividade total de fatores, tanto por município quanto, conseqüentemente, na microrregião. Além disso, as análises mostraram que, mesmo com uma produção recorde em 2017, alguns municípios ainda apresentaram a queda na *PTF*, fato que ratifica ainda mais a necessidade de maiores investimentos em tecnologia.

Em comparação com as regiões de maior produção e produtividade de soja do país, a microrregião de Santa Maria apresentou tecnologia defasada, pois há muita discrepância na quantidade produzida de soja por hectare. Já em relação às demais regiões do estado, os municípios analisados somam a área plantada que representa o nono lugar em relação às outras regiões, mas em relação à produção, ocupa somente a 18ª posição. Isso significa que, se for relacionado o índice parcial da área plantada, a *PTF* em relação a este insumo cairia consideravelmente.

Ressalta-se que a queda na produtividade de soja prejudica os produtores, os quais acabam utilizando maiores quantidades de insumos, porém, sem obterem o mesmo retorno em termos de produção. Logo, com a necessidade de utilização de elevada tecnologia, o que, por consequência, determina um elevado custo de produção, associado ao reduzido

incentivo governamental, frequentemente tem sua aquisição inviabilizada, principalmente para os menores produtores.

Nesta linha, dentre os incentivos que serviria como subsídio aos produtores de soja está a redução dos impostos sobre a compra de máquinas e equipamentos, insumos, fertilizantes e defensivos, que são de uso básico para realizar o plantio. Financiamentos com o Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES), por exemplo, auxiliam os produtores a adquirirem tecnologia por meio de financiamento a longo prazo; porém, pequenos produtores muitas vezes não podem arcar com altos custos na compra de novas tecnologias.

Também, o conhecimento sobre a agricultura muitas vezes é passado de pais para filhos, isso faz com que não haja o devido processo de especialização e aprimoramento dos novos produtores no cultivo da soja. Com o passar dos anos, a tecnologia vai evoluindo, mas muitas vezes não chega nas lavouras, ocasionando um atraso tecnológico e, por consequência, as baixas produções em comparação com outras regiões brasileiras. Por isso, uma estratégia importante seria ofertar mais cursos intensivos nas áreas rurais, onde educação sobre agricultura alcance esses locais, permitindo estudo e aprimoramento sobre a tecnologia para os produtores.

Embora os resultados, em grande medida, tenham demonstrado como a produtividade evoluiu na microrregião, a limitação de algumas informações em sites oficiais não possibilitou uma análise mais detalhada, sendo assim necessário utilizar dados anteriores ao período e calcular a partir de índices até os anos recentes para poder aplicar os cálculos, como ocorreu nos dados de preço da terra, em que o último ano fornecido pelo IBGE foi 2006, sendo necessário utilizar o índice geral de preços de mercado (IGP-M) para calcular os anos recentes, podendo não refletir corretamente valor real do insumo. Ademais, cabe ressaltar que as informações são aproximadas da realidade, não sendo possível extrair valores exatos, já que os dados são escassos.

Tendo em vista o exposto, julga-se importante o desenvolvimento de outros estudos que procurem diagnosticar as principais dificuldades dos produtores, podendo ser dividido em pequenos, médios e grandes, para que possa realizar análise de acordo com cada realidade. Ainda, há uma escassez de trabalhos focados em regiões e microrregiões, ao passo que observa-se a importância de obter informações específicas para que possam ser analisados os principais problemas estruturais na produção de soja que impactam em reduções no rendimento. Também aplicar outros métodos para averiguar a produtividade na

produção da soja, já que os fatores que explicam a variação da produção vão muito além dos insumos utilizados neste trabalho.

REFERÊNCIAS

AGRA, N. G.; SANTOS, R. F. **Agricultura Brasileira: Situação atual e perspectivas de desenvolvimento.** Recife, PE. 2001. Disponível em: <https://www.gp.usp.br/files/denru_agribrasil.pdf> Acesso em: 01 de maio 2020.

BECKER, L. **Apesar de melhor resultado em cinco anos, uso de sementes certificadas de soja ainda é baixo no RS.** 05 mai. 2015. Disponível em: <<https://gauchazh.clicrbs.com.br/economia/campo-e-lavoura/noticia/2015/05/apesar-de-melhor-resultado-em-cinco-anos-uso-de-sementes-certificadas-de-soja-ainda-e-baixo-no-rs-4753476.html>>. Acesso em: 29 jan. 2021.

BLACK, C. **O preço da soja nos últimos 10 anos.** 2015. Disponível em: <<http://panoramainternacional.fee.tche.br/article/o-preco-da-soja-no-ultimo-decenio/>>. Acesso em: 13 set. 2020.

BRASIL. CONAB. **A produtividade da soja: análise e perspectivas.** Brasil. 2017. Disponível em <<https://www.conab.gov.br>>. Acesso em 12 jul. 2020.

BRASIL. CONAB. . **Evolução dos custos de produção de soja no Brasil.** 2016. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 13 fev. 2021.

BRASIL. CONAB. **Perspectivas para a Agropecuária, Volume 7 – safra 2019/2020.** Brasil. 2019. Disponível em <<https://www.conab.gov.br>>. Acesso em 11 jul. 2020.

BRASIL. CONAB. **Soja: mercado internacional.** Brasília. 2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-soja/item/11165-soja-analise-mensal-abril-2019>>. Acesso em: 03 jun. 2020.

CAETANO, João Henrique Silva *et al.* **Produtividade da soja em sucessão a plantas de cobertura.** 2018. Disponível em: <<https://maissoja.com.br/produtividade-da-soja-em-sucessao-a-plantas-de-cobertura/>>. Acesso em: 13 fev. 2021.

CEPEA. **INDICADOR DA SOJA ESALQ/BM&FBOVESPA.** 2020. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/indicador/soja.aspx>. Acesso em: 10 nov. 2020.

CONCENÇO, G.; AGUILA, L. S. H.; VERNETTI JUNIOR, F. J. **Produtividade da soja no Rio Grande do Sul: Genética ou Manejo?** 2017. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165272/1/Germani-Concenco-ArtigoSojaEmbrapa-CULTIVAR.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2020.

CONTE, Osmar. **Rotação de culturas: conheça essa prática que conserva e protege o solo.** 2021. Disponível em: <<https://boaspraticasagronomicas.com.br/boas-praticas/rotacao-de-culturas/>>. Acesso em: 13 fev. 2021.

CONTINI, E. *et al.* **Série desafios do agronegócio brasileiro: COMPLEXO SOJA - Caracterização e Desafios Tecnológicos.** Brasil, julho 2018. Disponível em: <www.embrapa.br>. Acesso em: 11 jul. 2020.

CORREIO DO POVO. **Tempo favorece colheita da safra 2016/2017 no Rio Grande do Sul.** Rio Grande do Sul, 11 fev. 2017. Disponível em <<https://www.correiodopovo.com.br/not%C3%ADcias/rural/tempo-favorece-colheita-da-safra-2016-2017-no-rio-grande-do-sul-1.223692>>. Acesso em 30 jan. 2021.

EMBRAPA. **VISÃO 2030**, O Futuro da Agricultura Brasileira. 2018. Embrapa. Brasília, DF. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/visao/o-futuro-da-agricultura-brasileira>>. Acesso em: 09 maio 2020.

FEIX, Rodrigo Daniel; JÚNIOR, Sergio Leusin AGRANONIK, Carolina. **Painel do Agronegócio no Rio Grande do Sul — 2017.** 2017. Disponível em: <<https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/201709/04134710-painel-do-agronegocio-do-rio-grande-do-sul-2017.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2020.

FEIX, Rodrigo Daniel; JÚNIOR, Sergio Leusin. **Painel do Agronegócio no Rio Grande do Sul — 2019.** Rio Grande do Sul. 2019. Disponível em: <<https://estado.rs.gov.br/upload/arquivos//painel-do-agronegocio-no-rs-2019.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2020.

GI RS. **ESTIAGEM provoca queda de 43,8% na produção de soja no RS, diz Conab.** 05 de jun. de 2012. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/estiagem/noticia/2012/06/estiagem-provoca-queda-de-438-na-producao-de-soja-no-rs-diz-conab.html>>. Acesso em: 30 abr. 2020.

GASQUES, J. G. Revista de Política Agrícola. **Produtividade da agricultura brasileira e os efeitos de algumas políticas.** 2012. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/>>. Acesso em: 21 jun. 2020.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 6ª edição. Grupo GEN, 2017. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597012934/>>. Acesso em: 22 ago. 2020.

GONÇALVES, S. L.; SIBALDELLI, R. N. R. **Riscos climáticos e viabilidade econômica da produção de soja no Sul do Rio Grande do Sul.** Londrina, PR. Julho de 2018. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/181928/1/COMUNICADO-TECNICO-94.pdf>>. Acesso em: 17 de abr. 2020.

GÖRGEN, F. S; SCHUU, A.; FREITAS, L. N. de. **O governo Tarso e a Seca de 2012 no RS.** Porto Alegre, 24 jan. 2020. Disponível em: <<https://www.brasildefatores.com.br/2020/01/24/artigo-or-o-governo-tarso-e-a-seca-de-2012-no-rs>>. Acesso em: 18 jul. 2020.

IBGE - CENSO AGROPECUÁRIO. **Número de estabelecimentos agropecuários que realizaram despesas no ano e Valor das despesas realizadas no ano por tipo de despesa e grupos e classes de atividade.** 2006. Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5445>>. Acesso em 13 jan. 2021.

IBGE - CENSO AGROPECUÁRIO. **Número de estabelecimentos agropecuários dirigidos pelo produtor, por tipologia, sexo do produtor, escolaridade do produtor, conclusão do curso que frequentou, cor ou raça do produtor e classe de idade do produtor.** 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6755>>. Acesso em: 30 jan. 2021.

IBGE - CENSO AGROPECUÁRIO. **Número de estabelecimentos e Área dos estabelecimentos agropecuários por condição do produtor em relação às terras e grupos, classes de atividade econômica e classificações de médio produtor.** 2006. Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/4149>>. Acesso em 13 jan. 2021.

IBGE – CENSO AGROPECUÁRIO. **Produção Agrícola Municipal: Tabela 1612 - Área plantada, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias.** 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612>>. Acesso em: 02 fev. 2021.

IBGE Cidades: **Trabalho e rendimento.** 2020. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 02 jan. 2021.

ÍNDICES Econômicos - IGP-M. 2020. Disponível em: <http://www.idealsoftwares.com.br/indices/igp_m.html>. Acesso em: 17 dez. 2020.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Crescimento e Produtividade da Agricultura Brasileira de 1975 a 2016.** Brasília. 2018. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/cartadeconjuntura/index.php/2018/03/02/crescimento-e-produtividade-da-agricultura-brasileira-de-1975-a-2016/>>. Acesso em: 05 abr. 2020.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Condicionantes da produtividade da agropecuária brasileira.** Brasília. Abril de 2004. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_1017.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2020.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Transformações Estruturais da Agricultura e Produtividade Total dos Fatores.** Brasília. 2000. Disponível em: <<https://repositorio.ipea.gov.br>>. Acesso em: 21 jun. 2020.

JACTO. **OS PRINCIPAIS DESAFIOS DE UM AGRICULTOR:** um panorama sobre a evolução e o futuro da profissão. 19 de jun. de 2019. Disponível em <<https://blog.jacto.com.br/os-principais-desafios-em-ser-agricultor-um-panorama-sobre-a-evolucao-e-o-futuro-da-profissao/>>. Acesso em: 19 de abr. 2020.

LANDGRAF, L. **Produção de soja no Brasil cresce mais de 13% ao ano.** 18 jul. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/25242861/producao-de-soja-no-brasil-cresce-mais-de-13-ao-ano>>. Acesso em: 29 jan. 2021.

LUIZ, C. R. **A tecnologia no agronegócio.** 2013. 43 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – Imesa e A Fundação Educacional de Assis – Fema, Assis, 2013.

MACULAN, Joelmir Francisco. **Componentes do rendimento e produtividade da soja em relação à qualidade de sementes salvas e certificadas**. 2019. Disponível em: <<https://maissoja.com.br/componentes-do-rendimento-e-produtividade-da-soja-em-relacao-a-qualidade-de-sementes-salvas-e-certificadas/>>. Acesso em: 13 fev. 2021.

Mais Soja. **SOJA transgênica no Brasil: o carro-chefe da agricultura e da economia**. 2019. Disponível em: <<https://maissoja.com.br/soja-transgenica-no-brasil-o-carro-chefe-da-agricultura-e-da-economia/>>. Acesso em: 13 fev. 2021.

MOREIRA, R. Z. **Economia**. 2015. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/56557538/apostila-economia-2015>. Acesso em: 07 jun. 2020.

NUNES, S. P. **O desenvolvimento da agricultura brasileira e mundial e a ideia de Desenvolvimento Rural**. Mar. de 2007. Disponível em <<http://www.deser.org.br/documentos/doc/DesenvolvimentoRural.pdf>>. Acesso em: 09 maio 2020.

PESSOA, M. L. (Org.). Regiões do RS. In: _____. **Atlas FEE**. Porto Alegre: FEE, 2017. Disponível em: <<http://atlas.fee.tche.br/rio-grande-do-sul/territorio/regioes-do-rs/>>. Acesso em: 19 de julho de 2020.

PICCOLI, E. **A importância da soja para o agronegócio: uma análise sob o enfoque do aumento da produção de agricultores no município de Santa Cecília do Sul**. 2018. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Fat – Faculdade e Escola, Tapejara, 2018.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

PINTO, L. F. G.; PINTO, L. C. G. I. **Uma análise dos avanços e contradições da agricultura brasileira**. 2016. Brasil. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/310796193_Uma_analise_dos_avancos_e_contradicoes_da_agricultura_brasileira_Perspectiva_Imaflora>. Acesso em: 14 abr. 2020.

PINTO, N. G. M.; CORONEL, D. A. **Modernização Agrícola no Rio Grande do Sul: um estudo nos municípios e mesorregiões: um estudo nos municípios e mesorregiões**. Revista Paranaense de Desenvolvimento, Curitiba, v.36, n.128, p.167-182, jan./jun. 2015.

PINTO, L. F. G.; PINTO, L. C. G. I. **Uma análise dos avanços e contradições da agricultura brasileira**. 2016. Brasil. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/310796193_Uma_analise_dos_avancos_e_contradicoes_da_agricultura_brasileira_Perspectiva_Imaflora>. Acesso em: 14 abr. 2020.

RAMOS, P. H. **Limites à remuneração do arrendamento rural**. 2017. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/colunistas/coluna/limites-a-remuneracao-do-arrendamento-rural_396972.html>. Acesso em: 11 jan. 2021.

RATTNER, H. Produtividade e desenvolvimento. **RAE-Revista de Administração de Empresas**, [S.l.], v. 7, n. 25, p. 53-78, out. 1967. ISSN 2178-938X. Disponível em:

<<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rae/article/view/40820/39580>>. Acesso em: 07 jun. 2020.

RELATÓRIO DE CRÉDITO RURAL. 2020. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/reportmicrrural>>. Acesso em: 14 maio 2020.

RIO GRANDE DO SUL. ATLAS SOCIOECONÔMICO. **SOJA**: O RS é o terceiro maior produtor de soja em grão do Brasil. Rio Grande do Sul, 2019. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/soja>. Acesso em: 12 jul. 2020.

RIO GRANDE DO SUL. **Características da agropecuária do RS**. 2015. Fundação de Economia e Estatística. 01 set. 2015. Disponível em: <<https://www.fee.rs.gov.br/sinteseilustrada/caracteristicas-da-agropecuaria-do-rs/>>. Acesso em: 26 abr. 2020.

SEBRAE. **Perfil das Cidades Gaúchas**. Rio Grande do Sul. 2019. Disponível em: http://datasebrae.com.br/municipios/rs/Perfil_Cidades_Gauchas-Sao_Martinho_da_Serra.pdf. Acesso em: 03 fev. 2021.

SILVA, J. G. da. **A nova dinâmica da agricultura brasileira**. 2. ed. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1998.

STRASSBURG, Udo *et al.* **Notas sobre a função de produção agropecuária agregada do Paraná**. Brasil, ano XXIII. Jul./Ago./Set 2014.

TERRAS PARA AGRICULTURA. **Só Biologia**. Virtuuous Tecnologia da Informação, 2008-2020. Disponível em: <<https://www.sobiologia.com.br/conteudos/Solo/Solo10.php>>. Acesso em: 03 de jun. 2020.

VARIAN, H. R. **Microeconomia**: uma abordagem moderna. 8. ed. São Paulo: Elsevier Editora Ltda, 2012.

WERNER, C. **Municípios das regiões Central, Noroeste e Fronteira-Oeste lideram produção de soja no Estado**. Gaúcha ZH, Porto Alegre, RS. 10 de ago. 2018. Disponível em: <<https://gauchazh.clicrbs.com.br/economia/campo-e-lavoura/noticia/2018/08/municipios-das-regioes-central-noroeste-e-fronteira-oeste-lideram-producao-de-soja-no-estado-cjko7wap400g801qk0qpf3dk.html>>. Acesso em: 19 abr. 2020.