



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

LUIZ GUSTAVO GARBELINI

**PRODUTIVIDADE DE GRÃOS E RENTABILIDADE DE  
SISTEMAS DE PRODUÇÃO EM FUNÇÃO DA  
DIVERSIFICAÇÃO DE CULTURAS**

---

Londrina  
2020

LUIZ GUSTAVO GARBELINI

**PRODUTIVIDADE DE GRÃOS E RENTABILIDADE DE  
SISTEMAS DE PRODUÇÃO EM FUNÇÃO DA  
DIVERSIFICAÇÃO DE CULTURAS**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, para obtenção do título de mestre em Agronomia.

Orientador: Dr. Tiago Santos Telles.  
Co-orientador: Dr. Júlio César Franchini dos Santos

Londrina  
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

G213 Garbelini, Luiz Gustavo .  
Produtividade de grãos e rentabilidade de sistemas de produção em função da diversificação de culturas / Luiz Gustavo Garbelini. - Londrina, 2020.  
59 f.

Orientador: Tiago Santos Telles.  
Coorientador: Júlio César Franchini dos Santos.  
Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2020.  
Inclui bibliografia.

1. Rotação de culturas - Tese. 2. Custos de produção - Tese. 3. Análise econômica - Tese. 4. Economia agrícola - Tese. I. Telles, Tiago Santos . II. Santos, Júlio César Franchini dos . III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU 63

LUIZ GUSTAVO GARBELINI

**PRODUTIVIDADE DE GRÃOS E RENTABILIDADE DE SISTEMAS DE  
PRODUÇÃO EM FUNÇÃO DA DIVERSIFICAÇÃO DE CULTURAS**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, para obtenção do título de mestre em Agronomia.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Dr. Tiago Santos Telles  
Instituto Agrônômico do Paraná – IAPAR

---

Dr. Alvadi Antonio Balbinot Junior  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
– Embrapa Soja

---

Dr. Claudemir Zucareli  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 28 de fevereiro de 2020.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Estadual de Londrina – UEL e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de realização do mestrado.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Soja, pela oportunidade e apoio na realização do mestrado.

Ao meu orientador, Dr. Tiago Santos Telles, não só pela orientação e disponibilidade, mas pelo grande apoio no desenvolvimento deste estudo.

Aos pesquisadores da Equipe de Manejo de Solos e da Cultura da Embrapa Soja, Dr. Júlio César Franchini dos Santos, Dr. Alvadi Antônio Balbinot Junior e Dr. Henrique Debiasi pela oportunidade, pelos ensinamentos, pela paciência, empatia e pela oportunidade de desenvolvimento que me proporcionaram, acreditando em mim quando eu mais precisei.

Aos pesquisadores da Embrapa Soja, Dr. Osmar Conte, Dr. Adônis Moreira, Dr. André Steffens, Dr. Marcelo Hiroshi Hirakuri e Dr. César de Castro, pelo apoio técnico essencial à minha pesquisa.

Aos professores da UEL, Dra. Maria de Fátima Guimarães, Dr. Ricardo Ralisch, Dr. Marcelo Augusto de Aguiar e Silva e Dr. Claudemir Zucareli pelos ensinamentos, empatia e pela oportunidade de desenvolvimento que me proporcionaram.

Aos colegas de trabalho, Rodrigo Santos Leite, Eliseu Custódio de Sousa, Agostinho Aparecido da Silva, Everson Balbino, Antônio Aparecido Jacobino, João Ribeiro de Macedo (*in memoriam*), Donizete Aparecido Loni, Mariluci Pires dos Santos, Esmael Lopes dos Santos, pelo apoio, amizade e convivência.

Aos colegas de que tenho muito orgulho, Dr. Antônio Eduardo Coelho, Dra. Adriana Pereira da Silva, Dra. Amanda Pit Nunes, Dr. André Sampaio Ferreira, Dra. Flavia Werner, Dr. Moryb Jorge Sapucaí e Me. Bruno Volsi pelos ensinamentos e ajuda.

Ao colega Rubson Natal Ribeiro Sibaldelli pelo apoio técnico e amizade ao longo dessa jornada.

A toda minha família, pelo incentivo, apoio e carinho, dedicados em todos os momentos.

GARBELINI, Luiz Gustavo. **Produtividade de grãos e rentabilidade de sistemas de produção em função da diversificação de culturas**. 2020. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

## RESUMO

Os sistemas de produção milho segunda safra/soja e trigo/soja se consolidaram no Brasil e seu uso contínuo pode comprometer a capacidade produtiva dos solos, a sustentabilidade ambiental e a lucratividade do negócio. O objetivo do estudo foi avaliar a produtividade de grãos e a rentabilidade de sistemas de produção, em função da diversificação de culturas. Foi conduzido experimento a campo em delineamento de blocos completamente casualizados, com quatro repetições em Campo Mourão, Centro-Oeste do Paraná, sendo avaliados cinco sistemas de produção em SPD: I- nabo forrageiro/milho/trigo/soja/milho segunda safra/soja/trigo/ soja; II - aveia branca/milho/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja/trigo/soja; III - consórcio aveia preta com nabo forrageiro/soja/milho segunda safra/soja/trigo/soja/milho segunda safra/soja; IV - trigo/soja; V- milho segunda safra/milho/milho segunda safra/soja/ milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja. O período de avaliação compreendeu dois ciclos agrícolas quadrienais entre as safras 2009/2010 a 2016/2017. Foram analisados, a produtividade, a receita bruta, o custo de produção, a margem bruta e a rentabilidade para cada cultura, em seguida de forma acumulada para cada sistema de produção. A diversificação de culturas aumentou a produtividade do milho, do trigo e da soja, ao longo das safras. Na análise econômica, a soja foi a cultura que proporcionou a maior receita bruta e o maior lucro, enquanto que o trigo apresentou o menor custo de produção. Por sua vez, o milho apresentou o maior custo de produção entre as culturas avaliadas. Os índices acumulados demonstraram o melhor desempenho econômico do sistema de produção I com maior receita bruta (R\$ 57.444,00) e lucro operacional (R\$ 19.929,00). O sistema IV, apresentou menor custo operacional (R\$ 36.913,00) e a segunda maior lucratividade (R\$ 19.565,00). O sistema de produção V, por sua vez, possui o menor lucro (R\$ 11.056,00) e o maior custo operacional (R\$ 45.012,00) acumulado. A participação relativa das culturas graníferas de outono-inverno no sistema de produção é maior nos custos operacionais, do que na receita bruta.

**Palavras-chave:** Análise econômica. Custos de produção. Economia agrícola. Rotação de culturas. Sistema plantio direto.

GARBELINI, Luiz Gustavo. **Grain productivity and profitability of production systems due to crop diversification**. 2020. 60 p. Dissertation (Master's Dissertation) Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

## ABSTRACT

The second crop maize-soybean and wheat-soybean production systems were consolidated in Brazil and their continued use can compromise the productive capacity of the soil, environmental sustainability, and business profitability. The objective of the study was to evaluate the grains productivity and the profitability of production systems, depending on the diversification of crops. An experiment was carried out in field conditions using the completely randomized block design, with four replications in Campo Mourão, Midwest Paraná, evaluating five production systems in the SPD: I - Turnip-maize-wheat-soybean-second crop maize-soybean-wheat-soybean; II - white oats-maize-second crop maize-soybean- second crop maize-soybean-wheat-soybean; III - consortium of black oats with fodder-soybean-second crop maize-soybean-wheat-soybean-second crop maize-soybean; IV – wheat-soybean; V- second crop maize-maize-second crop maize-soybean-second crop maize–soybean-second crop maize-soybean. The evaluation period comprised two four-year agricultural cycles between the 2009/2010 and 2016/2017 crops. Productivity, gross revenue, production cost, gross margin and profitability for each crop were analyzed, then cumulatively for each production system. Crop diversification increased the productivity of maize, wheat, and soybean, over the harvests. In the economic analysis, soybean was the crop that provided the highest gross revenue and higher profit, while wheat had the lowest production cost. In turn, maize had the highest production cost among the evaluated crops. The accumulated indices demonstrated the better economic performance of the production system I, with the highest gross revenue (R\$ 57,444.00) and operating profit (R\$ 19,929.00). System IV has the lowest operating cost (R\$ 36,913.00) and the second-highest profitability (R\$ 19,565.00). The V production system, in turn, has the lowest accumulated profit (R\$ 11,056.00) and the highest operating cost (R\$ 45,012.00). A relative share of autumn-winter grain crops in the production system is greater in operating costs than in gross revenue.

**Key words:** Economic analysis. Production costs. Agricultural economy. Crop rotation. No-tillage system.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b>	Municípios que compõem a região Centro-Oeste do Estado do Paraná.....	26
<b>Figura 2</b>	Localização da área experimental, no município de Campo Mourão, região Centro-Oeste do Estado do Paraná .....	32
<b>Figura 3</b>	Temperatura e balanço hídrico decendial (CAD 75 mm) nas safras 2009/10 a 2016/17 .....	33
<b>Figura 4</b>	Produtividade média anual da cultura de milho no verão, nas safras 2009/10 e 2013/14. Comparativo entre os sistemas de produção I - nabo forrageiro/milho/trigo/soja/milho segunda safra/soja/trigo/soja; II - aveia branca/milho/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja/trigo/soja; V - milho segunda safra/milho/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja. Médias seguidas por letras distintas diferem-se de si pelo teste de Tukey a 5% .....	38
<b>Figura 5</b>	Produtividade média anual da cultura de milho segunda safra, nos períodos 2010/11 e 2014/15. Sistema de produção: II - aveia branca/milho/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja/trigo/soja; III - consórcio aveia preta com nabo forrageiro/soja/milho segunda safra/soja/trigo/soja/milho segunda safra/soja; V - milho segunda safra/milho/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja. Médias seguidas por letras distintas diferem-se entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.....	39
<b>Figura 6</b>	Produtividade média anual da cultura de milho segunda safra, nos períodos 2011/12 e 2015/16. Sistema de produção: I - nabo forrageiro/milho/trigo/soja/milho segunda safra/soja/trigo/soja; II - aveia branca/milho/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja/trigo/soja; V - milho segunda safra/milho/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja. Médias seguidas por letras distintas diferem-se entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.....	40

**Figura 7** Produtividade média anual da cultura do trigo nas safras 2012/13 e 2016/17. Comparativo entre os sistemas de produção I - nabo forrageiro/milho/trigo/soja/milho segunda safra/soja/trigo/soja; II - aveia branca/milho/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja/trigo/soja; IV - milho segunda safra/milho/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja. Médias seguidas por letras distintas diferem-se de si pelo teste de Tukey a 5%.....41

**Figura 8** Produtividade média da cultura da soja ao longo de seis safras, 2010/11, 2011/12, 2012/13, 2014/15, 2015/16 e 2016/17. Comparativo entre os sistemas de produção I- nabo forrageiro / milho /trigo /soja / milho segunda safra/soja/trigo/soja; II - aveia branca/milho/milho segunda safra/soja/milho segunda safra /soja / trigo/soja; III - consórcio aveia preta com nabo forrageiro/soja/milho segunda safra/ soja/trigo/soja/milho segunda safra/soja; IV - trigo/soja; V- milho segunda safra/milho/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/ soja/milho segunda safra/soja. Médias seguidas por letras distintas diferem-se de si pelo teste de Tukey a 5%.....42

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Sistemas de produção de grãos em SPD, com ciclo quadrienal avaliados em Campo Mourão, PR. Safras 2009/10 a 2016/17 .....34
<b>Tabela 2</b>	Receita bruta, custo operacional e lucro operacional (em R\$ ha-1) das safras 2009/10 a 2016/17, no sistema de produção de grãos I, II, III, IV e V, avaliado em Campo Mourão, PR.....47
<b>Tabela 3</b>	Receita bruta, custo operacional, lucro operacional (em R\$ ha-1) e margem bruta (%) acumulada nas safras 2009/10 a 2016/17, nos sistemas de produção de grãos I, II, III, IV e V, avaliados em Campo Mourão, PR.....49

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b>	Indicadores e equações utilizados na análise econômica.....	37
-----------------	---	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	13
2.1	SISTEMAS DE PRODUÇÃO NO BRASIL .....	13
2.2	PANORAMA DA PRODUÇÃO DE SOJA NO BRASIL .....	15
2.3	PANORAMA DA PRODUÇÃO DE MILHO NO BRASIL.....	17
2.4	PANORAMA DA PRODUÇÃO DO TRIGO NO BRASIL .....	18
2.5	PLANTAS DE COBERTURA NO BRASIL .....	20
2.6	CONTEXTOS DA PRODUÇÃO DE SOJA, MILHO E TRIGO NO PARANÁ.....	22
2.7	CONTEXTOS DA PRODUÇÃO DE SOJA, MILHO E TRIGO NO CENTRO-OESTE DO PARANÁ .....	25
2.8	ANÁLISE ECONÔMICA DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE GRÃOS EM SPD .....	27
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	32
3.1	ÁREA DE ESTUDO .....	32
3.2	TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	34
3.3	PRODUTIVIDADE DE GRÃOS .....	35
3.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	36
3.5	ANÁLISE ECONÔMICA.....	36
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	38
4.1	PRODUTIVIDADE DE GRÃOS .....	38
4.2	ANÁLISE ECONÔMICA.....	43
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	52
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	53

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de grãos do mundo, com destaque para a soja (*Glicine max*) e o milho (*Zea mays L.*). A rentabilidade obtida com a cultura da soja no país tem estimulado seu cultivo na maior parte das áreas destinadas à produção de grãos, sendo, geralmente, sucedida pelo milho na segunda safra. Da mesma forma, nas regiões brasileiras que apresentam inverno rigoroso e altitudes superiores a 600 metros, o trigo tem sido empregado em sucessão com a soja, como alternativa ao milho na segunda safra.

A sucessão de culturas permite o cultivo de duas safras de grãos por ano, porém seu uso contínuo, ao longo do tempo, têm impactado de forma negativa a sustentabilidade dos sistemas produtivos. Esta prática tem ocasionado a degradação da qualidade do solo, além de maior incidência de pragas, doenças e plantas daninhas resistentes a herbicidas. Assim, as sucessões de culturas tem se tornado cada vez mais ineficientes e menos sustentáveis, sobretudo em função da estagnação da produtividade e do aumento dos custos de produção.

A diversificação de culturas em sistema de plantio direto (SPD) é um dos pilares da agricultura conservacionista, com impacto positivo sobre a produtividade das culturas e a rentabilidade da atividade agrícola. Os benefícios da diversificação de culturas são amplamente reconhecidos, sendo esta uma prática adequada para a produção de grãos em condições tropicais e subtropicais. A presença ordenada de espécies para produção de grãos como a soja, o milho e o trigo, em alternância com espécies para cobertura do solo, dentro de um mesmo sistema de produção, pode ao longo do tempo, melhorar a sinergia entre as culturas e tornar o solo mais fértil e produtivo.

A inserção de plantas para cobertura do solo nos sistemas de produção tem o objetivo de aumentar a produção de biomassa (palha e raízes), melhorando o fluxo de água, diminuindo a compactação e recuperando a qualidade do solo. A aveia (*Avena spp.*) é uma cultura bastante utilizada com a finalidade de cobertura do solo no Brasil, é uma gramínea anual que apresenta rápido desenvolvimento, grande adaptabilidade, boa produção de forragem e sistema radicular abundante. Outra espécie que se destaca para cobertura de solo é o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), que apresenta desenvolvimento inicial rápido, capaz de produzir considerável volume de forragem para cobertura do solo e tem por diferencial seu sistema radicular rústico e profundo, sendo também empregado em consórcio com a aveia.

A prática da diversificação de culturas em SPD pode reduzir os impactos ambientais, condição fundamental para desenvolver o agronegócio e garantir a sustentabilidade para as futuras gerações. Além disso, a utilização de diferentes culturas para produção de grãos permite diversificação da renda na propriedade rural, reduzindo riscos decorrentes das oscilações de preços no mercado e de clima, inerentes à produção agropecuária.

Em grande parte, os sistemas de produção diversificados têm sido propostos como soluções tecnológicas para atender critérios de sustentabilidade. Essa premissa é baseada em indicadores agronômicos e ambientais, ressaltando-se a escassez de dados econômicos acerca desses modelos em países tropicais e subtropicais. Dessa maneira, resultados referentes aos parâmetros econômicos são imprescindíveis para que se possa avaliar os principais indicadores de cada cultura e mensurar sua rentabilidade ao longo do tempo. Tais informações, quando cruzadas e analisadas de maneira correta, contribuem para a escolha das culturas nos sistemas de produção e a gestão da propriedade rural.

A avaliação de sistemas produtivos de longo prazo é de suma importância para ampliar as discussões e gerar informações de qualidade sobre os seus benefícios e limitações. A realização de análises econômicas que contemplem os ciclos produtivos desses modelos pode ser a chave para a identificação das vantagens desses sistemas, sobretudo diante da hipótese de que a diversificação de culturas em SPD resulta no aumento da produtividade das culturas comerciais envolvidas e na diminuição dos custos de produção, o que torna os sistemas de produção mais rentáveis. Assim, o objetivo do estudo foi avaliar a produtividade de grãos e a rentabilidade dos sistemas de produção, em função da diversificação de culturas.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Sistemas de produção no Brasil**

Os sistemas de cultivo referem-se às práticas comuns de manejo associadas a uma determinada espécie vegetal, visando sua produção a partir da combinação lógica e ordenada de um conjunto de atividades e operações. Os sistemas produtivos no Brasil podem ser definidos como pacotes tecnológicos aliados a informações aplicadas a determinada população vegetal, em determinado ambiente. Esse formato determina os níveis de emprego de tecnologia, insumos e mão-de-obra. Para descrever um modelo produtivo devem-se considerar as peculiaridades e similaridades de diferentes modos de produção dominantes em cada região (HIRAKURI et al., 2012; RICHETTI, 2013).

A monocultura apresenta algumas características desejáveis aos agricultores, tais como: facilidade de planejamento, comercialização e mecanização, menor capital investido na atividade e mão de obra mais simplificada. Isso ocorre porque tanto as operações, quanto as aquisições de insumos e a própria venda da produção é focada apenas na necessidade de uma única espécie, simplificando todo o sistema produtivo. Contudo, a monocultura tem representado um grande risco do ponto de vista agrônomo, ambiental e econômico. A intensificação desse sistema junto à adoção de práticas inadequadas de manejo tem agravado o desbalanceamento das condições físicas, químicas e biológicas do solo (JUHÁSZ et al., 2013; SOUZA et al., 2012), contribuindo para a seleção de insetos, plantas daninhas e agentes fitopatogênicos resistentes aos agroquímicos. A prática da monocultura tem contribuído para o acréscimo na demanda por defensivos agrícolas, abertura de novas áreas para exploração agrícola, levando ao desmatamento, aumento de emissões de gases de efeito estufa, perda de patrimônio genético e de habitat de espécies nativas, contaminação dos solos e das águas com resíduos de fertilizantes e agrotóxicos e, principalmente, a aceleração das taxas de erosão (DANTAS; MONTEIRO, 2011).

A sucessão de culturas é definida como a sequência de duas culturas, em uma mesma área agrícola, em um mesmo ano agrícola, cada uma delas cultivada em uma estação do ano (FRANCHINI et al., 2011). Esse modelo promove diversas melhorias aos sistemas produtivos, se comparado à monocultura. Do mesmo modo, contribui com ganhos produtivos nas lavouras, sem aumento proporcional de área, resultando no melhor aproveitamento do solo. Entretanto, com o passar do tempo, a sucessão de culturas tem

apresentado as mesmas fragilidades da monocultura, tornando-se cada vez mais ineficientes e menos sustentável, devido a estagnação da produtividade e elevação nos custos de produção (CASTRO et al., 2011).

A rotação de culturas é definida como a alternância ordenada de diferentes culturas, em determinado espaço de tempo (ciclo), na mesma área e na mesma estação do ano (FRANCHINI et al., 2011). Essa prática tem recebido, através do tempo, reconhecimento acentuado do ponto de vista técnico como um dos meios indispensáveis ao desenvolvimento da agricultura. A rotação de culturas busca minimizar os problemas encontrados na sucessão de cultura, incluindo diversas espécies dentro de um mesmo sistema, com o objetivo de tornar o solo com melhor qualidade e as culturas mais produtivas (CARDOSO et al., 2014; SANTOS et al., 2014). A rotação de culturas tem proporcionado condições adequadas ao desenvolvimento das plantas e à manutenção do sistema de produção. Associada ao SPD, esta prática tem reduzido substancialmente a ocorrência de erosão do solo. A erosão figura como a forma mais danosa de degradação do solo, visto que além de reduzir a capacidade produtiva das culturas, também pode causar sérios danos ambientais, como o assoreamento e a poluição dos corpos hídricos (TELLES et al., 2013).

Sob o ponto de vista fitopatológico, a adoção de espécies de plantas de famílias botânicas diferentes, dentro de um sistema de produção agrícola, contribui vigorosamente para a redução de inóculos de diversos patógenos, em áreas de cultivo. Seja por ação da barreira física promovida pela palhada ou pela liberação de substâncias alelopáticas no solo, assim a rotação de culturas tem reduzido o crescimento de plantas daninhas. Além disso, a rotação de culturas favorece a alternância de princípios ativos e mecanismos de ação em herbicidas, inseticidas e fungicidas, visando evitar a seleção de espécies/biótipos tolerantes/resistentes (REIS et al., 2011).

Outro ponto importante a ser considerado para que um sistema de rotação de culturas apresente maior nível de eficiência, é o uso de espécies que tenham um sistema radicular vigoroso, com capacidade de crescimento em solos de alta resistência à penetração, criando-se assim poros por onde as raízes da cultura subsequente possam crescer. No planejamento da rotação de culturas devem-se considerar, preferencialmente, plantas comerciais e, sempre que possível, associar espécies de plantas de cobertura adaptadas regionalmente, que produzam grandes quantidades de matéria seca e que sejam de rápido desenvolvimento (FRANCHINI et al. 2011).

Ao longo da última década, o cultivo do milho de segunda safra cresceu e se consolidou como a principal cultura no período do outono/inverno. Da área total ocupada pela soja no país no ano agrícola 2011/12, cerca de 7,6 milhões de ha<sup>-1</sup> foram conduzidos em sistema sucessão com milho segunda safra e 2,1 milhões de ha<sup>-1</sup> com trigo. Na safra 2017/2018, cerca de 12 milhões de ha<sup>-1</sup> estavam em sucessão ao milho segunda safra e apenas 1,9 milhões de ha<sup>-1</sup> em sucessão ao trigo, evidenciando-se o crescimento do modelo soja/milho segunda safra (CONAB 2013; 2018a). Apesar do predomínio desses dois sistemas de produção no Brasil nos últimos anos, no inverno as áreas também são ocupadas pela aveia preta, aveia preta consorciada com nabo forrageiro, nabo forrageiro, aveia branca e outras plantas para cobertura do solo, além das áreas mantidas em pousio.

## 2.2 Panorama da produção de soja no Brasil

Um levantamento realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2020) mostra que na safra 2018/2019 a área semeada com a cultura da soja foi de aproximadamente 35,8 milhões de ha<sup>-1</sup>, com produção de 115 milhões de toneladas, registrando aumento de 2,6% em relação à safra anterior. Essa produção de soja se concentrou principalmente nas regiões Centro-Oeste e Sul do país, sobretudo nos estados do Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul.

A soja é a cultura mais importante do agronegócio brasileiro e ocupa posição de destaque na exportação de grãos do Brasil (CONAB, 2018b). Consagrada como principal *commoditie* nacional, nas últimas duas décadas, a sojicultura teve aumentos expressivos de área e produtividade no Brasil. A sojicultura brasileira passou, ao longo da história, por muitas mudanças na forma de produção, principalmente em função do emprego de novas tecnologias. O uso do SPD, rotação de culturas, cultivares mais produtivas, novos princípios ativos para manejo fitossanitário, aliados ao desenvolvimento de máquinas e equipamentos agrícolas, foram alguns dos fatores responsáveis pela rápida expansão e aumento da produtividade da soja (ROCHA et al., 2018).

O sistema de produção de soja foi revolucionado nas últimas décadas, sendo sua marca a geração de tecnologias apropriadas para o ambiente produtivo brasileiro. A cultura da soja é o grande vetor da evolução do agronegócio moderno no Brasil e sua importância nos sistemas de produção está principalmente na: fixação biológica de nitrogênio, o que permite poupar fertilizantes nitrogenados e aumentar a disponibilidade desse elemento

para a cultura subsequente; possibilidade de mais de uma safra anual, diluindo os investimentos e os custos fixos e otimizando os custos variáveis da propriedade; implementação do SPD, o Brasil se tornou o país do mundo com maior área de cultivo em SPD, sendo a maior parte dela ocupada com o cultivo de soja (GAZZONI, 2013).

O Brasil desde a safra 2019/20 é o maior produtor mundial de soja, sendo responsável por cerca de 25% da produção global do grão (FAO, 2019). Os líderes mundiais na produção de soja são Brasil, Estados Unidos, Argentina, China, Índia e Paraguai. A cadeia produtiva da cultura é responsável, por uma parcela significativa do PIB do agronegócio brasileiro, representada por empresas produtoras de máquinas, equipamentos e insumos agrícolas, propriedades agrícolas, indústrias de processamento, agentes exportadores, além de atacadistas e varejistas que operam na produção e distribuição dos produtos e derivados da soja (FRANCO, 2017).

No País, a soja tem sido cultivada em várias condições de ambiente, desde regiões frias, com altitude superior a 1200 m, até regiões quentes, com baixas altitudes e latitudes, gerando diferentes potenciais para produção da oleaginosa (BALBINOT et al., 2017). As condições térmicas têm influência nos diversos processos das plantas, desde a germinação, crescimento e desenvolvimento da planta, condicionados pelas temperaturas do ar e do solo. A disponibilidade térmica tem influência direta no crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo que as temperaturas elevadas aceleram o metabolismo vegetal, enquanto as baixas, reduzem o metabolismo e prolongam o ciclo das plantas (BERGAMASCHI, 2017).

Ao longo do ciclo de desenvolvimento da soja de alto potencial produtivo, a cultura necessita de aproximadamente 800 mm de água, sendo a distribuição regular das chuvas/irrigações o fator crucial para atender as demandas nos períodos mais críticos. A água, é um fator imprescindível nos processos fisiológicos e bioquímicos da planta de soja, principalmente nos períodos entre a germinação-emergência e a floração-enchimento de grãos. A demanda hídrica da soja atinge seu máximo valor durante o período de floração-enchimento de grãos requerendo até mais de 7 mm por dia em condições potenciais. Estima-se que as perdas na safra de soja devido ao déficit hídrico alcançam valores de 93%, o que ocasiona uma variação interanual significativa na produtividade e produção total de grãos (ZANON et al., 2016).

### 2.3 Panorama da produção de milho no Brasil

O Brasil é o 3º maior produtor e 2º maior exportador de milho do mundo, sendo que na safra 2018/2019 teve uma produção de aproximadamente 100 milhões de toneladas de grãos (CONAB, 2020). Entre 1976/1977 e 2015/16 houve um aumento de mais de 245% na produção do milho no país (SOUZA et al., 2018). Os grãos brasileiros são reconhecidos por sua qualidade e por garantir o abastecimento em vários países, exatamente no período da entressafra dos EUA. Os principais países importadores do cereal produzido no território brasileiro são Vietnã, Irã, Coreia do Sul, Japão, Taiwan, Egito e Malásia (SOLOGUREN, 2015).

No início de seu cultivo, o milho brasileiro era utilizado basicamente para a subsistência humana, mas com o decorrer do tempo foi ganhando importância e transformou-se no principal insumo para a produção de aves e suínos. A crescente demanda, tanto interna como externa, corrobora o grande potencial do setor. Em conjunto com a soja, o cereal é utilizado como insumo básico principalmente na suinocultura e na avicultura, impulsionador desses mercados geradores de receita para o Brasil e extremamente competitivos internacionalmente (CALDARELLI; BACCHI, 2012).

Ao longo dos anos, a dinâmica da cadeia produtiva do milho mudou significativamente no país, visto que o grão deixou de ser apenas um produto destinado para alimentação animal, e se tornou também uma *commodity* exportável, com múltiplos usos, até mesmo na indústria de alta tecnologia, fabricação de embalagens e filmes biodegradáveis, além de matriz energética na produção de etanol (SOLOGUREN, 2015).

Devido às características edafoclimáticas favoráveis, o milho é cultivado em todo o Brasil. Os principais estados produtores são Mato Grosso, Paraná, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais e Rio Grande do Sul. O cenário da cultura no país migrou da tradicional época de semeadura de verão para ser cultivado na segunda safra como uma excelente opção. Tal prática era citada como “safrinha”, por ocupar uma área geográfica pequena e com expectativas de colheita pouco ambiciosas (IBGE, 2017).

A primeira safra (cultivo de verão) é semeada na época tradicional, durante o período de chuvas, que vai do final de agosto até novembro. A segunda safra (safrinha) é o milho produzido em sequeiro, semeado de janeiro a abril, e geralmente após a soja e ou em algumas regiões depois do milho de verão e o feijão das águas. A área de milho semeada na segunda safra no Brasil é maior que a área semeada na primeira. Esses avanços foram

possíveis graças a vultosos investimentos dos setores público e privado em tecnologia de produção, para intensificar o desenvolvimento de híbridos de ciclo precoce, adaptados e com alto potencial produtivo, responsivos a alta tecnologia e tolerantes às principais doenças (CONAB, 2018a).

Outro fator impulsionador para o grão foi a adaptação dos produtores de soja, cultura que abrange maior área no Brasil, em cultivar o milho em sucessão à oleaginosa. O milho segunda safra antecede mais de 80% da área de soja nos sistemas de produção no país, sendo uma importante alternativa para intensificar o uso da terra e, assim, aumentar a renda do produtor rural. Além disso, o milho no sistema de produção é importante para compor a diversificação de culturas, tanto no cultivo de verão, quanto na segunda safra. Contudo a semeadura da cultura na segunda safra é altamente dependente da velocidade da colheita da soja, e o atraso no início da semeadura desta, pode postergar a época de colheita da oleaginosa e encurtar a janela ideal de semeadura do milho segunda safra (GAVA et al., 2018; REIS et al., 2016).

O potencial produtivo do milho na segunda safra de 5.600 kg/ha<sup>-1</sup> é menor do que o milho na safra 6.200 Kg/ha<sup>-1</sup> devido às condições climáticas menos favoráveis ao seu cultivo no outono-inverno, como geada ou déficit hídrico (CONAB, 2020). Essa diminuição de produtividade da cultura na segunda safra pode ser compensada pela tendência de preços mais elevados nesse período, principalmente naquelas regiões próximas aos centros que destinam o produto para exportação. Sendo assim, as maiores oscilações na área semeada com milho segunda safra têm ocorrido em razão dos preços, que ora estimulam e ora desestimulam os agricultores.

## **2.4 Panorama da produção do trigo no Brasil**

A cultura se destaca pela sua importância para a economia global, sendo o segundo cereal mais cultivado no mundo. A produção tritícola nacional não é suficiente para atender a demanda interna, havendo a necessidade da importação dessa *commodity* (REZENDE et al., 2018). O trigo é o primeiro item de maior participação na pauta de importações brasileiras do setor agropecuário (ME, 2020), o que coloca o Brasil na terceira posição no ranking de importação do cereal, atrás apenas do Egito e da Indonésia. O país necessita aumentar sua produção, pois além da demanda nacional de grãos, seu cultivo fornece palhada de qualidade para as culturas de verão, como a soja e o milho. O trigo é

estratégico pelos benefícios agronômicos que entrega às outras culturas, tais como, no manejo de plantas daninhas, doenças e pragas, no controle da erosão do solo, na reciclagem de nutrientes, entre outros. A importância da cultura do trigo (*Triticum aestivum*) para a sustentabilidade do agronegócio brasileiro é ampla, visto que seu cultivo é realizado durante o inverno, proporcionando o aumento dos rendimentos e diluição dos custos fixos da propriedade rural (BASSOI et al., 2014).

O preço da cultura é formado no mercado externo, globalizado. As oscilações de preços nesses mercados podem afetar a cadeia produtiva da cultura no Brasil, desde o campo, indústria e consumidor final. O consumo nacional de trigo manteve-se, desde 2006, em torno de 10 milhões de toneladas por ano e a produção interna é suficiente apenas para atender metade dessa demanda. De acordo com estimativas, esses níveis devem ser crescentes, atingindo 8 milhões de toneladas em 2024/25 (ABITRIGO, 2019).

A cultura do trigo é amplamente difundida e adaptada ao redor do mundo, podendo ser cultivada em uma grande diversidade de climas e solos, devido ao seu aprimoramento genético. Porém, algumas condições são mais favoráveis ao seu desenvolvimento e proporcionam maiores rendimentos finais. Tal como as demais culturas implantadas na segunda safra, os principais fatores que causam perdas da produção do trigo são climáticos, ocasionados pelo excesso de chuvas durante a colheita, geadas, temperaturas elevadas durante o crescimento e desenvolvimento da cultura e estiagem na fase de florescimento e enchimento de grãos. Atualmente o país está dividido em três regiões tritícolas: sul-brasileira (RS e SC), centro-sul-brasileira (PR, MS e SP) e centro-brasileira (GO, DF, MG, MT e BA). O Rio Grande do Sul e o Paraná são responsáveis por cerca de 90% da produção nacional, nessas regiões a cultura encontra terra e clima propícios para se desenvolver, obtendo médias de produtividade entre 2.400 a 3.000 kg por ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2017).

Apesar da região sul se consolidar como a principal produtora nacional, o trigo irrigado, no cerrado, tem hoje importância estratégica. Na região do Brasil Central (Minas Gerais, Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso do Sul e Bahia), o trigo pode ser produzido em dois sistemas de cultivo: sequeiro ou safrinha, a partir da segunda quinzena de janeiro; e no sistema irrigado, sob pivô central, com semeadura a partir da segunda quinzena de abril. Os rendimentos do trigo nessa região estão acima de 7.000 kg por ha<sup>-1</sup> no cultivo irrigado e em 2.400 kg por ha<sup>-1</sup> no sequeiro. A qualidade do grão é o diferencial da região, apresentando trigo das classes pão e melhorador na maioria das lavouras. A região promove

as primeiras colheitas do Brasil, o que garante liquidez com melhores preços (SILVA et al., 2018).

Um dos grandes benefícios associados à inserção do trigo nos sistemas de produção envolvendo soja e milho segunda safra é a redução da infestação de plantas daninhas de difícil controle, como a buva (*Coryza spp.*) e o capim amargoso (*Digitaria insularis*), resultando em menores custos com aplicação de herbicidas (DEBIASI et al., 2015).

O trigo tem se mostrado uma das culturas que mais respondem, em termos de aumento de produtividade e redução de custos, à diversificação de culturas (FRANCHINI et al., 2011). Apesar disso, a área de cultivo do grão tem apresentado recuo nas últimas safras devido a problemas com a produção e comercialização do cereal. A instabilidade do clima durante o inverno tem influenciado negativamente a produtividade e qualidade dos grãos colhidos, o que afeta a rentabilidade do produtor e influi na decisão de investir na cultura. Assim, o grão vem perdendo espaço para outros cultivos, como as pastagens e principalmente o milho cultivado na segunda safra (CONAB, 2017).

## **2.5 Plantas de cobertura no Brasil**

A manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo é uma prática necessária para o estabelecimento do SPD. Esse procedimento protege o solo da erosão, diminui o escoamento superficial e aumenta a infiltração de água no solo, trazendo benefícios à fertilidade do solo devido à elevação do teor de matéria orgânica e diminuição da amplitude térmica, além da quebra do ciclo de pragas e moléstias, o que conjuntamente possibilita um melhor desempenho das culturas. O uso de plantas para cobertura do solo desempenha um papel importante no controle de plantas daninhas e conseqüentemente nos custos dos sistemas de produção (AMOSSÉ et al., 2013).

A compactação do solo é apontada como um dos principais limitantes para a produtividade das culturas, principalmente em regiões onde o solo apresenta altos teores de argila e são expostos a intenso tráfego de máquinas agrícolas. Este problema pode ser minimizado com a utilização de práticas de manejo conservacionistas, incluindo a utilização de espécies que tenham por característica alta produção de resíduos culturais e sistema radicular agressivo como as gramíneas e algumas leguminosas (CARDOSO et al., 2014; LOSS et al., 2012).

Geralmente as espécies gramíneas apresentam maior relação C/N quando comparadas às leguminosas, caracterizando uma decomposição mais lenta e deixando uma cobertura no solo com maior estabilidade. Por outro lado, as leguminosas apresentam relação C/N menor e tem decomposição mais acelerada. Essas características permitem que sejam utilizadas conjuntamente duas espécies para cobertura do solo, sendo uma cultura com relação C/N maior e outra com relação C/N menor. Essa combinação resulta em uma maneira eficiente da utilização da palhada, parte sendo degradada pelos microrganismos que liberam os nutrientes para a cultura sucessora, e outra que permanece protegendo o solo (BOUWMAN et al., 2013; REDIN et al. 2014).

A aveia desempenha importante papel nos sistemas de produção da região Sul do Brasil, com o objetivo de produção de grãos ou para cobertura do solo (CONAB, 2018b). A aveia é uma gramínea anual que apresenta rápido desenvolvimento, boa adaptabilidade, alta capacidade de perfilhamento e rusticidade. Esta gramínea possui eficiente capacidade de reciclagem de N, entretanto devido à alta relação C/N, a velocidade de liberação desse nutriente em seus resíduos é lenta. Dentre as espécies de inverno, a aveia preta (*Avena strigosa*), é a cultura mais utilizada com a finalidade de cobertura do solo. Além de forragem para cobertura do solo, destina-se também a alimentação animal, com excelente produção de forragem verde tanto para o pastoreio como para corte e ensilagem. A aveia branca (*Avena sativa*) em sua maior parte é destinada à indústria e seus grãos são empregados principalmente para alimentação humana ou para ração animal. A cultura também é utilizada como pastagem anual ou para cobertura do solo e desenvolve-se melhor quando recebe na primeira parte do seu ciclo, temperatura do ar moderada, sendo a gramínea anual mais exigente em temperaturas amenas (CARGNELUTTI FILHO, et al., 2015).

Outra espécie que se destaca como cobertura de solo é o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), que apresenta desenvolvimento inicial rápido, sendo capaz de produzir considerável volume de massa seca e tendo por diferencial, seu sistema radicular rústico e profundo. No entanto, sua relação C/N é baixa, o que acelera a sua degradação e liberação dos nutrientes em sua palhada. Não possui a capacidade de fixar N atmosférico, porém tem alta capacidade de extrair N de camadas mais profundas do solo, sendo bastante empregado em consórcio com aveia preta (*Avena strigosa*) (SCHNITZLER, 2017).

O azevém (*Lolium multiflorum*) é uma gramínea rústica e agressiva que perfilha em abundância, razão pela qual é uma das gramíneas hibernais mais cultivadas nas regiões frias, tanto para corte como para pastagens. Possui folhas finas e tenras, cujo porte

chega a atingir mais de um metro de altura. Devido a sua grande capacidade de ressemeadura natural, permanece na área de um ano para outro (GONÇALVES et al., 2003).

A ervilhaca comum (*Vicia sativa*.) é uma leguminosa forrageira muito utilizada como adubo verde, pois permite consórcio com gramíneas e produz forragem de elevado teor proteico e de boa palatabilidade. Cerca de 60% do N presente na matéria seca da parte aérea desta espécie é liberado durante os primeiros 30 dias após seu manejo. Desenvolve-se em solos corrigidos ou já cultivados, com bons teores de cálcio, fósforo e sem problemas de acidez, sendo utilizada como forrageira para animais ou como planta de cobertura, podendo ainda ser consorciada com aveia preta (*Avena strigosa*) ou centeio (*Secale cereale*.). Seu cultivo é recomendado principalmente antecedendo o milho, com capacidade de aportar de 80 a 100 kg de nitrogênio ha<sup>-1</sup> (CARDOSO et al., 2014).

O centeio (*Secale cereale*) destaca-se pelo crescimento inicial vigoroso, rusticidade e resistência ao frio, seca e acidez do solo. Sendo uma cultura adaptada aos solos pobres e pouco exigentes em adubação, possui sistema radicular profundo e agressivo, capaz de absorver nutrientes indisponíveis a outras espécies. Suas raízes secretam nitrato, que tem capacidade de liberar fosfato no solo através de troca aniônica. O centeio é o mais eficiente dos cereais no aproveitamento de água, pois produz a mesma quantidade de matéria seca que outros vegetais, com menor consumo de água (SCHNITZLER, 2017).

## **2.6 Contextos da produção de soja, milho e trigo no Paraná**

Tendo a agricultura como principal setor econômico que impulsiona seu crescimento ao longo dos anos, o Paraná já foi considerado o “celeiro agrícola” do País por ter contribuído com uma fração superior a um quarto da produção de matéria-prima para a agroindústria nacional. A modernização rural (mecanização, eletrificação, irrigação, manejo e conservação do solo, melhoramento genético, uso de fertilizantes e defensivos) aliada ao solo fértil, clima e topografia favorece sua produção agrícola. Entre suas aptidões agrícolas, está principalmente as culturas de cereais como o milho, o trigo e a soja, dos quais já foi recordista de safras entre os demais estados brasileiros (SOUZA JUNIOR et al., 2019).

O Estado apresenta dois tipos de classificação climática segundo Köppen, baseado na vegetação, temperatura e pluviosidade. O primeiro é o clima subtropical (Cfa) onde a temperatura média no mês mais frio é inferior a 18 °C e no mês mais quente está acima de 22 °C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração

das chuvas nos meses de verão, porém sem estação seca definida. O segundo é o clima temperado (Cfb), onde a temperatura média no mês mais frio é abaixo de 18 °C e no mês mais quente também abaixo de 22 °C, com verões frescos e sem estação seca definida (APARECIDO et al., 2016). Para Oliveira e Borrozzino (2018), sua superfície está localizada em uma região de transição climática, com microclimas diferenciados em função do relevo e da altitude das sub-regiões. Segundo Nitsche et al. (2019), as maiores faixas de precipitação média mensal ocorrem nos meses de outubro a março. As precipitações médias anuais possuem uma faixa de 1.200 até 3.500 mm, sendo as regiões sudeste e sudoeste as que têm um regime pluviométrico mais elevado.

No Paraná também há o predomínio de sistemas com especialização em poucas culturas. De forma geral, adota-se dois sistemas de produção, caracterizado como sistemas de sucessão de culturas, com o predomínio de soja e trigo para a metade sul e sudoeste e de soja e milho segunda safra nas regiões norte e oeste do Estado. Essa divisão é determinada pelo zoneamento climático das culturas, que se baseia em fatores como a precipitação pluviométrica, a evapotranspiração potencial, a capacidade de água disponível do solo e a probabilidade de ocorrência de baixas temperaturas durante a fase reprodutiva das culturas no outono-inverno (FRANCHINI et al., 2011).

O Estado é o segundo maior produtor da cultura de soja no País. Sua área cultivada foi de 5,4 milhões de ha<sup>-1</sup>, com produção de 16,2 milhões de toneladas e produtividade média de 3.000 kg por ha<sup>-1</sup> na safra 2018/2019 (CONAB, 2018a). Além de sua relevância em quantidade produzida, o Paraná também se destaca quanto aos níveis de produtividade. Na safra 2016/2017 obteve a maior média mundial de produtividade de soja, alcançando 3.600 kg por ha<sup>-1</sup>, ultrapassando a média dos Estados Unidos de 3.500 kg por ha<sup>-1</sup> (FAO, 2019). Da mesma forma superou em 11% a média nacional da cultura que era de 3.200 kg por ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2019). Durante o Desafio de Máxima Produtividade de Soja na safra 2016/17, que tem por objetivo revelar os maiores índices produtivos dos sojicultores do Brasil, o estado do Paraná obteve o recorde de produtividade da cultura. Na qual, um produtor do município de Guarapuava, obteve o rendimento de 8.945 kg por ha<sup>-1</sup>, demonstrando assim o potencial produtivo da soja nessa região (CESB, 2019).

Na produção do milho, grão de importante relevância na economia brasileira, o Paraná se posiciona em segundo lugar no ranking, com área cultivada de 2,6 milhões de hectares e produção de 16,6 milhões de toneladas na safra 2018/2019. O Paraná é o terceiro maior exportador do complexo soja (grão, óleo, farelo) no país, fortalecendo sua

posição como um dos principais players no comércio agrícola mundial (CONAB, 2018a). Mais de 70% da área de milho no Estado é cultivada na segunda safra, decorrente da maior facilidade de comercialização, liquidez e potencial de lucratividade da cultura. A competição de área por soja no verão e a possibilidade de cultivo de milho na segunda safra explicam a diminuição da área de milho primeira safra. O milho segunda safra no Paraná é caracterizado por altas produtividades, com predominância de lavouras onde se emprega elevada tecnologia e rendimentos de grãos entre 5.000 a 7.000 kg por ha<sup>-1</sup>. Estes níveis elevados de produtividade refletem os avanços observados na cultura, principalmente na introdução de genótipos de elevado potencial genético, adaptados às condições climáticas de cada região, na melhoria das práticas de manejo e controle químico de pragas e doenças. Assim, o cultivo de milho de primeira safra tornou-se pouco expressivo, estando presente em maior frequência em áreas onde os agricultores planejam rotacionar as culturas ou em regiões com inverno rigoroso (SHIOGA et al., 2012; PINOTTI, 2013).

O planejamento do cultivo de milho na segunda safra confunde-se com o planejamento da cultura de verão. Isto decorre do fato de que, quanto mais tarde for efetuada a semeadura do milho, menor será o potencial de produção das lavouras, e maiores serão os riscos de perdas por seca e/ou por geadas. Dessa forma, a época de semeadura mais favorável ao sucesso das lavouras nas diversas regiões paranaenses, está concentrada no período de primeiro de janeiro a vinte de março (SANS; GUIMARÃES, 2012; NITSCHKE et al., 2019). Mesmo apresentando certa condição de vulnerabilidade, decorrente das condições climáticas do período de outono-inverno, o caso do milho paranaense é exemplar na agregação de valor da produção agrícola, pois, além do Estado ter se consolidado sua produção de milho, é importante produtor brasileiro de aves, suínos e leite, atividades grande consumidora de milho no Brasil (DERAL, 2019).

O Paraná tem ainda participação destacada na economia tritícola nacional, uma vez que representa mais de 62% na produção do país e desta forma sua produtividade reflete diretamente sobre a produção brasileira de trigo. Com área aproximada de 1 milhão de hectares, produção de 2,8 milhões de toneladas e produtividade de 2.582 kg ha<sup>-1</sup> na safra 2018, o Estado é o maior produtor nacional da cultura. Historicamente a área cultivada com a cultura até 1990 era de 1,94 milhões de hectares, a partir desse período houve redução em sua extensão, mas devido ao aporte tecnológico, a produção manteve-se no mesmo patamar. A triticultura paranaense tem evoluído expressivamente nos últimos anos, em função do avanço de novas tecnologias, principalmente práticas culturais mais adequadas, uso adequado de

fertilizantes, controle químico de pragas e doenças e cultivares mais adaptadas e com alta estabilidade (CONAB, 2017).

A produção do trigo está distribuída em todas as regiões no Estado, com pequena participação nas regiões noroeste e leste. O trigo cultivado no Paraná é caracterizado pelo uso do SPD, sendo mecanizado e sem uso de irrigação. Os produtores que o cultivam são, em sua maioria, altamente tecnicizados, atuando na correção do solo, aquisição de sementes específicas para cada região, uso de fertilizantes, além do combate a pragas e doenças. Além disso, ressalta-se que o cultivo do trigo normalmente é antecedido pela semeadura da soja. O uso do grão no Estado é fundamental para o sistema de produção, já que é uma opção para a diversificação de culturas e a cobertura do solo durante o outono-inverno, fatores primordiais ao SPD. Ressalta-se que esse fator é ainda mais importante para a região Centro-Sul, que possui clima mais frio e sujeito a geadas, o que impossibilita a alternância com o milho segunda safra (BASSOI et al., 2014).

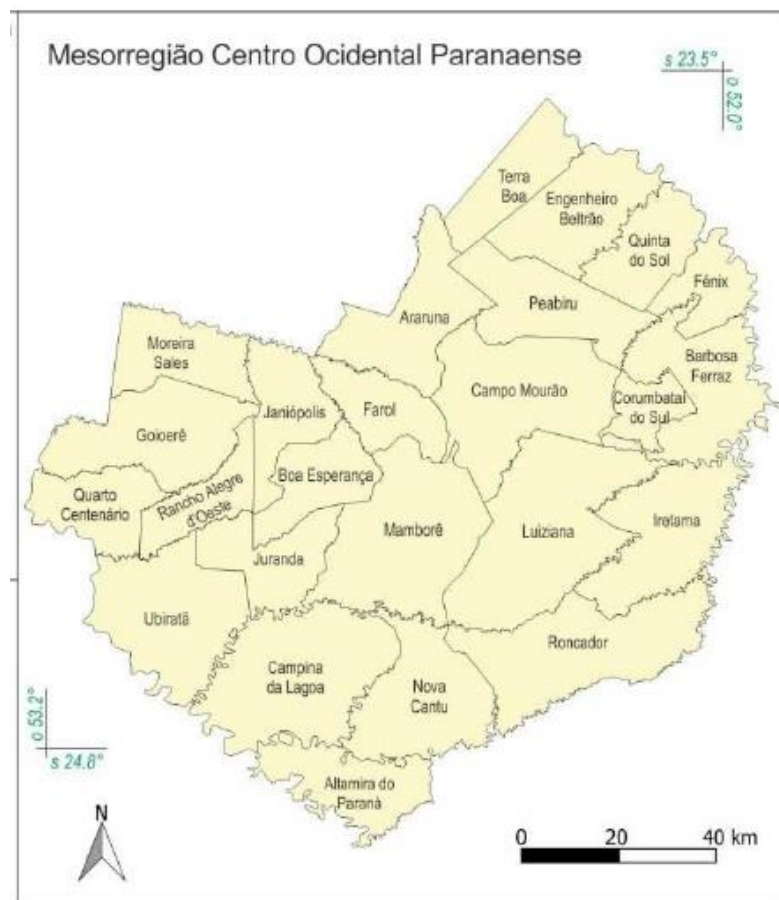
No Estado a colheita do trigo é antecipada, permitindo que o produto seja comercializado no centro do país antes da entrada do produto importado, oriundo principalmente da Argentina. Outro aspecto positivo em favor do Paraná é a proximidade com a Região Sudeste, maior centro consumidor e de processamento do país, o que possibilita o escoamento da safra com menores custos de transporte. Assim, o trigo produzido antecipadamente torna-se competitivo no mercado brasileiro e é comercializado a preços mais elevados, viabilizando a pequena e média produção (CONAB, 2017).

## **2.7 Contextos da produção de soja, milho e trigo no Centro-Oeste do Paraná**

A lógica da agricultura regional segue os padrões nacionais, no que tange aos produtos de maior destaque. O sistema territorial regional é composto por extensas áreas com baixos e médios índices de declividade, predominância de solos profundos e férteis, com clima favorável ao desenvolvimento agrícola. As culturas da soja e milho são consideradas as mais expressivas na economia regional, tendo o trigo e a aveia como produtos de consumo interno. Esses itens fazem parte da agricultura intensiva, com fortes investimentos em mecanização e tecnologia, consistindo em produções especializadas com elevado incremento de capital (CONAB, 2018a).

A região Centro-Oeste do Paraná é composta por 25 municípios (IBGE, 2020) e ocupa uma área de aproximadamente 11.900 km<sup>2</sup>, dividida em duas microrregiões:

Campo Mourão e Goioerê. Parcela considerável do território dos municípios situa-se na subunidade morfoescultural do relevo intitulada Planalto de Campo Mourão e dentre suas características principais destacam-se os baixos índices de declividade (Figura 1). A configuração topográfica dessa subunidade apresenta baixa fragilidade ambiental e maior resistência aos processos oriundos de atividades impactantes, o que tem permitido a ampla expansão da agricultura mecanizada. Associado a essas condições topográficas regionais, o tipo de solo predominante é o latossolo vermelho que se caracteriza por ser profundo e poroso, propiciando bom desenvolvimento radicular (COLAVITE, et al., 2018).



**Figura 1.** Municípios que compõem a região Centro-Oeste do Estado do Paraná.

Já as áreas dos municípios que se situam quase na íntegra na subunidade morfoescultural do relevo Planalto do Alto/Médio Piquiri, apresentam-se com declividades medianas e parcela de seu solo é classificada como Neossolo, apresentando vertentes com formato convexo e convexo-côncavo que facilitam a ocorrência de processos erosivos. A fragilidade ambiental desta subunidade é mediana, constituindo áreas menos propícias a

mecanização agrícola e com a necessidade de adoção de práticas conservacionistas mais intensas (COLAVITE et al., 2018).

Na safra 2017/2018, com relação aos dados de produção da região que engloba os municípios de Mamborê, Ubitatã, Campo Mourão e Luiziana na produção da cultura da soja, sucedida pelo milho da segunda safra, destacam-se os municípios de Ubitatã, Quarto Centenário, Engenheiro Beltrão e Goioerê. Com relação ao trigo, os municípios com maior área são Mamborê, Roncador, Luiziana e Campo Mourão (DERAL, 2019). Para o cultivo da aveia, observa-se que os municípios que tiveram maior área colhida foram os localizados de sudeste a sul da região, áreas caracterizadas por apresentarem menores temperaturas como Campo Mourão, Mamborê, Luiziana e Roncador. A inserção da aveia no sistema de produção justifica-se em decorrência das suas múltiplas formas de utilização, com exemplo da aveia preta como forrageira, corte, pastejo, feno ou silagem para os animais e como cultura de cobertura verde do solo. A aveia branca, ao contrário, é usada na alimentação humana, na forma de farinha, flocos, barras de cereal, biscoitos, pães e farelo. Essas gramíneas estão presentes em maior frequência naquelas regiões onde os agricultores buscam a diversificação, através da rotação de culturas em suas áreas (COLAVITE et al., 2018).

## **2.8 Análise econômica dos sistemas de produção de grãos em SPD**

Uma boa gestão é um fator crucial para o sucesso de qualquer negócio. A velocidade das mudanças ocorridas na atividade agropecuária já é conhecida, fazendo dessa forma com que o produtor rural precise passar mais tempo tomando decisões e desenvolvendo habilidades gerenciais. As informações econômicas são fundamentais para que produtores rurais adquiram uma visão empresarial de suas atividades no agronegócio, gerenciando suas propriedades como empresas, tornando-se mais competitivos e com maior capacidade de se manter no mercado (KAY et al., 2014).

As ferramentas de gestão disponíveis na administração rural e contabilidade de custos são fundamentais quando se busca aliar eficiência produtiva e econômica. Além do conhecimento pleno dos resultados de suas culturas, o melhor entendimento sobre a composição e etapas dos custos, métodos de apropriação e demais indicadores econômicos fornecem uma base adequada para definição do sistema de produção. Possuir um sistema para controle e análise eficiente e confiável é ferramenta indispensável de apoio à tomada de decisão. De posse dessas informações, o produtor poderá planejar ações, manejar

componentes do custo das culturas e aumentar sua rentabilidade. Entretanto, não basta ao agricultor conhecer os custos, é necessário também buscar a maximização da rentabilidade, de forma a estabelecer o nível de produção desejado e mais econômico para seu negócio (ARTUZO et al., 2018; KELESKI, 2018; STASOVA; BAJUS, 2017).

Para Richetti (2013), a seleção sobre quais atividades podem ser implantadas na empresa rural devem ser baseadas em informações técnicas e econômicas. Isso, por sua vez, envolve o uso de técnicas e critérios que comparam custos e receitas. O empresário rural deve olhar para sua propriedade como um negócio, a fim de se obter lucro. Para determinar o que produzir é preciso que ele possua um profundo conhecimento da combinação dos fatores de produção para alocar de forma mais adequada o capital, trabalho e recursos naturais, visando maximizar o lucro e aumentar a eficiência econômica das atividades agrícolas. Tais informações, quando cruzadas e analisadas de maneira correta, contribuem para a escolha dos investimentos em cada uma das culturas que compõe os sistemas de produção e para gestão da propriedade rural (GASQUES, 2017).

Um dos elementos fundamentais para a gestão da propriedade rural é a análise de custos, pois, se realizada corretamente, auxiliará na tomada de decisão do produtor, em cada atividade desenvolvida dentro da propriedade rural. Os custos podem ser classificados como: direto ou indireto, variável ou fixo. Os custos diretos são aqueles que estão diretamente ligados ao produto final, e podem ser mensurados de maneira bastante objetiva, como por exemplo, o gasto com a matéria prima. Os custos indiretos são compreendidos como os gastos que envolvem certo período de tempo, que só serão conhecidos ao final de uma determinada data, como por exemplo, o valor gasto para pagar a conta de energia elétrica ou o aluguel da empresa (ASSEF, 2015).

Os custos fixos e variáveis estão mais associados a atividades agropecuárias. Os custos variáveis são relacionados à quantidade total produzida, sendo que quanto maior o volume desta produção, maior será o custo. Já os custos fixos não dependem do volume de produção, e estão relacionados à capacidade produtiva do empreendimento, ou seja, serão aqueles gastos que ocorrerão todos os meses, independentemente se a produção aumentar ou não. Outro conceito importante é o de custo operacional, que é o custo de todos os recursos que exigem desembolso monetário por parte da atividade produtiva para sua recomposição (BRUNI; FAMÁ, 2012).

No geral, os produtores tomam decisões de forma isolada e, sobretudo, dependem fortemente do fornecimento de insumos. A formação dos preços das *commodities*

agrícolas não é realizada pelos produtores, sendo eles tomadores de preços e dada a sua atomização, os mercados operam com características próximas da concorrência perfeita. Logo, o controle dos custos e o aumento da produtividade das lavouras são fatores que podem determinar a maior lucratividade da empresa rural. (ARTUZO et al., 2018).

A partir dos levantamentos de custos e de receitas de uma atividade, sistema de produção ou propriedade, torna-se possível a realização das análises. Todavia é a partir da análise de rentabilidade que o produtor rural identificará se os rendimentos monetários auferidos com a sua atividade, serão suficientes para pagar todos os custos e encargos inerentes à produção, além de obter uma remuneração adicional, ou seja, o lucro. A análise da rentabilidade consiste na diferença entre o custo de produção e sua receita, sendo o lucro o indicador utilizado nessa análise (MELLO; ESPERANCINI, 2015; NASCENTE et al., 2014).

A rentabilidade proveniente da produção está relacionada com a sua eficiência técnica e econômica, sendo que a eficiência técnica envolve aspectos físicos da produção (por exemplo a produtividade) e a eficiência econômica envolve os aspectos monetários. A partir desse enfoque, busca-se conduzir o processo produtivo com vistas a obter o máximo lucro e/ou o menor custo (MÜNCH, et al., 2014). Assim, no planejamento de um sistema diversificado, nem sempre é possível contar exclusivamente com espécies para fins comerciais, visto que algumas espécies podem atuar reduzindo custos com insumos ou gerar aumento de produtividade da cultura subsequente (FAVORATO et al., 2016). Como por exemplo, a introdução de espécies leguminosas pode significar redução no uso dos fertilizantes nitrogenados, uma vez que estas espécies podem proporcionar aumento significativo desse nutriente no solo, e espécies que favorecem o controle de plantas daninhas e diminuição de inóculos de patógenos (NASCENTE et al., 2013).

Vários estudos de pesquisa têm demonstrado o melhor desempenho produtivo dos grãos em resposta a rotação de culturas e a inserção de plantas para cobertura do solo nos sistemas de produção. De acordo com Santos et al., (2014), a produtividade da soja cultivada em sistemas de rotação foi superior àquelas em sucessão de culturas e da soja em monocultura, resultados que podem ser em parte explicados pela menor pressão de doenças na cultura. Franchini et al., (2012) e Coelho et al., (2019), evidenciaram que o cultivo de milho em monocultura implica no aumento da necessidade de adubação nitrogenada ou redução de sua produtividade. Michelin et al., (2019), observaram que o melhor rendimento de grãos da cultura obtida com a utilização do consórcio de gramínea com leguminosa ou com leguminosa solteira, antecedendo o milho, justificado pelo aumento na disponibilidade de N no solo e

consequente maior acúmulo de N na cultura. Santos et al., (2012), evidenciou que a rotação de culturas propicia maior rendimento de grãos, massa de 1.000 grãos e massa do hectolitro na cultura do trigo em relação à sucessão soja/trigo.

González et al., (2013), analisaram o desempenho econômico da rotação de culturas no Chile, e verificaram que a maior estabilidade econômica ocorreu quando foram inseridas algumas leguminosas no sistema. Para os autores, a seleção das culturas adequadas e o seu correto planejamento são determinantes para melhores resultados econômicos. Al-Kaisi et al., (2015), constataram em Iowa, nos Estados Unidos, que o rendimento da soja e o retorno econômico auferido pelo sistema de rotação de culturas foi superior ao da sucessão soja/milho. Além disso, o estudo também verificou a estabilidade econômica do primeiro sistema quando comparado ao monocultivo.

Em estudo realizado no sul da Ásia por Jat et al., (2014), constatou-se que sistemas de produção diversificados, pautados pela agricultura conservacionista, são agronomicamente e economicamente mais vantajosos em relação aos sistemas baseados em sucessão de culturas, sendo este, o caminho para o agricultor melhorar a produtividade, a renda e a segurança alimentar, enquanto sustenta os recursos naturais.

No Brasil, estudos comparando a rentabilidade dos sistemas de rotação e sucessão das culturas de soja/milho e soja/trigo também foram realizados para diferentes regiões. Na Região Sudeste do Brasil, Mello e Esperancini (2015), verificaram que a rotação de culturas foi economicamente viável, enquanto a sucessão de culturas é uma prática economicamente inviável. Nascente et al. (2014), constataram na região Centro-Oeste do país, que todas as rotações testadas em seu estudo proporcionam rendimento econômico positivo e foram economicamente viáveis, sendo a rotação que incluiu a cultura do feijão a que proporcionou a maior rentabilidade econômica.

A diversificação de culturas tem proporcionado condições adequadas ao desenvolvimento das plantas. Além disso, os benefícios da diversificação são expressivos para a agricultura, pois refletem tanto na redução de custos, quanto no maior controle dos efeitos de riscos. A maior rentabilidade dos sistemas de produção diversificados, reforçam a importância de sistemas de rotação de culturas, tanto em relação aos ganhos de produção, quanto do ponto de vista econômico (CUNHA et al., 2012; LIZARAZU; MONTI, 2011).

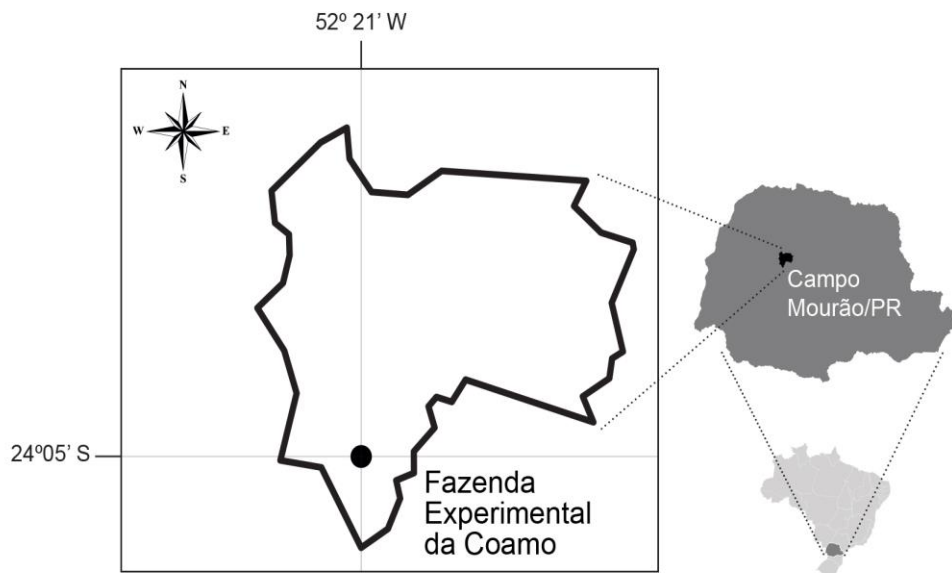
Assim, por meio da análise econômica é possível comparar o impacto econômico gerado pela diversificação de culturas nos sistemas de produção de grãos. De forma geral, a análise dos resultados individuais das culturas possibilita aferir ganhos e

dispêndios para cada safra, e a partir desses dados pode-se conhecer a contribuição econômica na composição dos sistemas produtivos.

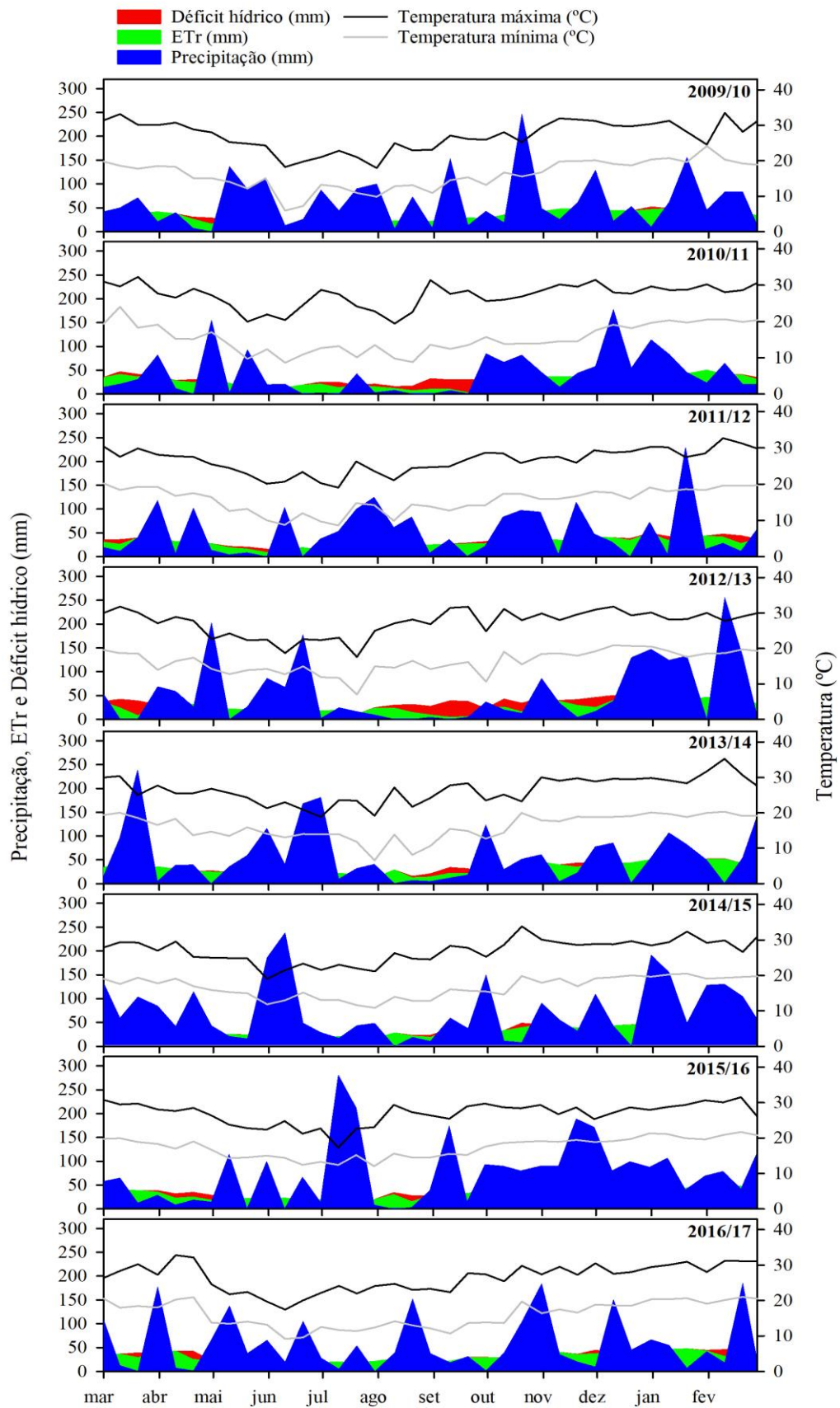
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudo

O Experimento foi implantado na Fazenda Experimental da Coamo, em Campo Mourão, Região Centro-Oeste do Paraná (latitude 24°05' S e longitude 52°21' O), com altitude média de 630 m (Figura 2), em um Latossolo Vermelho aluminoférrico (SANTOS et al., 2018). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, subtropical úmido com verões quentes e chuvosos, geadas pouco frequentes e sem estação seca definida. A temperatura média é de 19,9 °C e a precipitação média anual é de 1570 mm. A declividade média da área experimental é de 5 %. As condições climáticas dos anos agrícolas utilizados para o estudo, foram apresentadas nos gráficos de temperaturas máxima e mínima e no balanço hídrico decendial (Figura 3), levando em consideração a metodologia proposta por Thornthwaite (1948) e calculados por meio das planilhas eletrônicas de Rolim et al., (1998). A CAD considerada nos cálculos foi de 75 mm. Os dados de precipitação pluvial, evapotranspiração e temperatura máxima e mínima foram observados no posto meteorológico localizado na Fazenda Experimental da Coamo nas safras 2009/10 a 2016/17.



**Figura 2.** Localização da área experimental, no município de Campo Mourão, região Centro-Oeste do Estado do Paraná.



**Figura 3.** Temperatura e balanço hídrico decenal (CAD 75 mm) nas safras 2009/10 a 2016/17.

Os valores médios dos atributos químicos do solo, na camada 0 a 0,20 m de profundidade, antes da implantação do experimento eram: matéria orgânica (MOS) = 36 g Kg<sup>-1</sup>; pH CaCl<sup>2</sup> = 5,45; acidez potencial (H+Al) = 2,71 cmolc dm<sup>-3</sup>; fósforo (P, Melich I) = 13,6 mg dm<sup>-3</sup>; cálcio (Ca<sup>2+</sup>) = 5,67 cmolc dm<sup>-3</sup>; magnésio (Mg<sup>2+</sup>) = 2,09 cmolc dm<sup>-3</sup>; potássio (K<sup>+</sup>) = 0,69 cmolc dm<sup>-3</sup>; enxofre (SO<sub>4</sub>) = 6,9 mg dm<sup>-3</sup>; alumínio trocável (Al<sup>3+</sup>) = 0,0 cmolc dm<sup>-3</sup>; capacidade de troca de cátions (CTC, pH 7,0) = 11,2 cmolc dm<sup>-3</sup>; e saturação por base (V%) = 76%.

### 3.2 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental foi de blocos completos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições (Tabela 1). Os tratamentos avaliados foram compostos por cinco sistemas de produção de grãos em SPD, sendo eles: I - nabo forrageiro/milho/trigo/soja/milho segunda safra/soja/trigo/soja; II - aveia branca/milho/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja/trigo/soja; III - consórcio aveia preta com nabo forrageiro/soja/milho segunda safra/soja/trigo/soja/milho segunda safra/soja; IV - trigo/soja; V - milho segunda safra/milho/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja. Os sistemas de produção I, II e III, foram posicionados como alternativas com maior grau de diversificação em relação aos sistemas IV e V, sendo que nestes, as culturas do milho segunda safra e do trigo produzidos no outono-inverno, deram lugar ao nabo forrageiro, aveia branca e ao consórcio aveia preta com nabo forrageiro. Os tratamentos foram distribuídos em parcelas com 180 m<sup>2</sup>, com dimensões de 30 m por 6 m. O período de avaliação compreendeu dois ciclos quadrienais de produção de grãos, entre as safras 2009/10 a 2016/17.

**Tabela 1.** Sistemas de produção de grãos em SPD, com 2 ciclos quadrienais avaliados em Campo Mourão, PR. Safras 2009/10 a 2016/17.

Sistema de produção	1º ciclo								2º ciclo							
	2009/10		2010/11		2011/12		2012/13		2013/14		2014/15		2015/16		2016/17	
	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V
I	NF	M	T	S	MS	S	T	S	NF	M	T	S	MS	S	T	S
II	AB	M	MS	S	MS	S	T	S	AB	M	MS	S	MS	S	T	S
III	A+NF	S	MS	S	T	S	MS	S	A+NF	S	MS	S	T	S	MS	S
IV	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S
V	MS	M	MS	S	MS	S	MS	S	MS	M	MS	S	MS	S	MS	S

**Notas:** I = inverno; V = verão; AB = aveia branca para cobertura do solo; A+NF = consórcio de aveia preta com nabo forrageiro para cobertura do solo; M = milho; MS = milho segunda safra; NF = nabo forrageiro para cobertura do solo; S = soja; T = trigo.

A vegetação presente na área antes da semeadura das culturas foi dessecada com o herbicida glifosato (480 g.i. ha<sup>-1</sup>). A semeadura e tratos culturais foram realizados conforme indicações técnicas e zoneamento agrícola em vigor para as culturas na região de estudo e foram idênticas entre os tratamentos. Os fertilizantes N, P e K foram aplicados durante o procedimento de semeadura através de semeadora-adubadora tratorizada e realizada com base na análise de solo. As culturas para cobertura verde, nabo forrageiro, aveia branca e o consórcio aveia preta com nabo forrageiro não receberam fertilizantes. Foram utilizadas sementes convencionais para todas as culturas, a partir da safra 2012/13, foram empregadas sementes transgênicas na cultura da soja e do milho.

A soja foi semeada no mês de outubro, o trigo e as culturas de cobertura em maio, em todas as safras. O milho de verão foi semeado em outubro e o milho de outono-inverno na 1ª quinzena de março, com exceção das safras 2011/2012 e 2012/2013 que foram semeadas na 2ª quinzena de março. A cultura do milho recebeu 60 kg de N por ha<sup>-1</sup> em cobertura. O espaçamento entrelinhas utilizado para a cultura da soja foi de 0,50 m, obtendo estande de 300 mil plantas ha<sup>-1</sup>. Para a cultura do milho o espaçamento entrelinhas foi de 0,80 m até a safra 2014/15, passando posteriormente para 0,60 m, resultando num estande de 55 mil plantas ha<sup>-1</sup> nos dois casos. O trigo e as culturas de cobertura foram semeados em linhas distanciadas a 0,20 m, obtendo-se densidade de 300 plantas por m<sup>2</sup> para o trigo. As quantidades de semente utilizadas por hectare foram: aveia branca 40 kg, nabo forrageiro solteiro 20 kg, aveia preta consorciada 32 kg e nabo forrageiro consorciado 8 kg.

### **3.3 Produtividade de grãos**

A colheita dos grãos foi realizada por colhedora automotriz combinada, equipada com plataforma de corte de quatro metros, picador de palha e distribuidor de palhicho e sistema de trilha do tipo tangencial com adaptação para descarga fora do tanque graneleiro. A colheita foi realizada através da operação na parte central da parcela, com área colhida de 120 m<sup>2</sup>, sendo 30,0 m de comprimento e 4,0 m de largura. Os resultados foram corrigidos para 13% de umidade e expressos em kg ha<sup>-1</sup>. A produtividade média das culturas foi determinada pela soma das quantidades produzidas em cada safra, dividindo-se pelo total de safras avaliadas. A produtividade acumulada foi calculada a partir da soma das quantidades produzidas durante dois ciclos produtivos de quatro anos cada, para cada sistema de produção (Tabela 1).

### 3.4 Análise estatística

Os dados obtidos foram testados para normalidade e homogeneidade de variâncias. A análise de variância foi realizada utilizando-se o teste F ( $p < 0,05$ ) e quando significativas, as diferenças de produtividade foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

### 3.5 Análise econômica

Inicialmente a análise econômica foi realizada considerando cada safra e cultura. Posteriormente, foi realizada de forma acumulada para cada sistema de produção observando-se dois ciclos produtivos quadrienais (Tabela 1). Seus resultados foram expressos em R\$ ha<sup>-1</sup> em ambos os casos. Para o cálculo do custeio, foi utilizado a metodologia dos custos operacionais, que é o custo de todos os recursos que exigem desembolso monetário para sua recomposição, adaptando os conceitos e procedimentos metodológicos apresentados por Garbelini et al., (2020). A escala considerada foi de uma propriedade rural de tamanho médio, ou seja, um imóvel rural com área superior a quatro e até dez módulos fiscais<sup>1</sup>, empregando alta tecnologia produtiva, com produtividade de soja acima de 3.500 Kg por ha<sup>-1</sup>, refletindo a maioria das propriedades rurais do Centro-Oeste do Paraná. Foram consideradas todas as etapas do processo produtivo: custo dos insumos, operações mecanizadas, mão de obra e custo fixos, excluindo os encargos com financiamento.

Os custos dos insumos, operações mecanizadas e mão-de-obra, foram calculados, utilizando-se os coeficientes técnicos obtidos na Estação Experimental em Campo Mourão, no Paraná. Em relação ao valor dos insumos e das operações agrícolas, foi utilizado o preço médio obtido a partir de levantamento de preços realizado em pelo menos três cooperativas ou empresas da região do estudo, para evitar distorção em função dos fatores regionais. Os preços tomados se referem a cada ano de condução do experimento e aos meses em que ocorre a campanha de venda antecipada, ou *hedge* dos insumos agrícolas pelos principais canais distribuidores. Na região Centro-Oeste do Paraná, essas campanhas acontecem habitualmente nos meses de maio para a safra de verão e outubro para a safra de outono-inverno.

---

<sup>1</sup> O módulo fiscal da região Norte do Estado do Paraná varia de 12 a 18 hectares.

Para o cálculo da receita bruta, foi utilizado o preço médio anual para cada cultura, obtidos através de levantamento regional, realizado pelo Departamento de Economia Rural do Paraná (DERAL). A utilização do preço médio anual é uma estratégia adequada para o cálculo da receita bruta, pois permite diluir os períodos de sobrepreço ou contração durante o ano calendário. Para o cálculo da rentabilidade, o indicador empregado foi o lucro operacional, esse foi determinado pela diferença entre a receita bruta e o custo operacional. Já a margem bruta foi determinada pela relação lucro/custo. As fórmulas utilizadas são apresentadas no Quadro 1:

**Quadro 1.** Indicadores e equações utilizados na análise econômica.

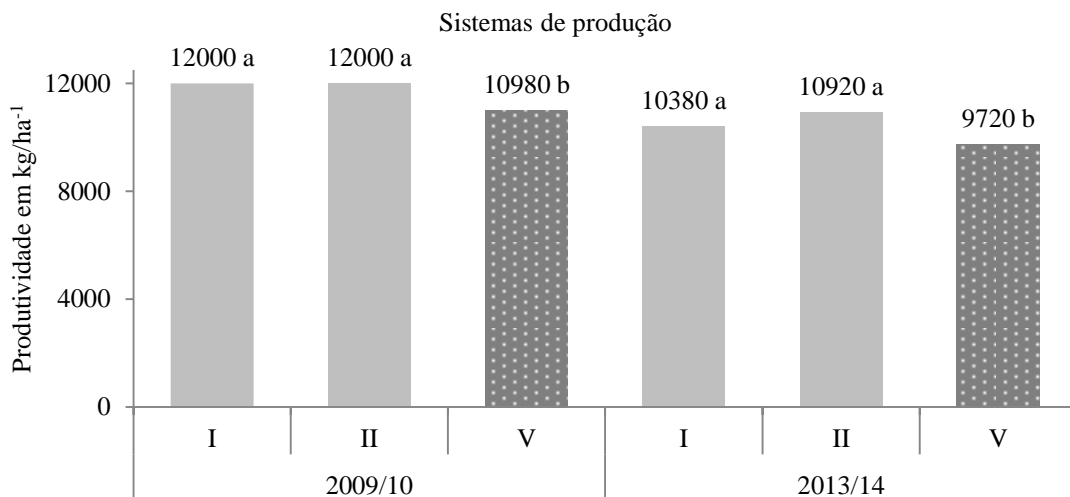
<b>Indicador</b>	<b>Equação</b>	<b>Descrição</b>
Receita bruta (RB)	$RB = Q \cdot P$	Sendo Q a quantidade produzida por unidade de área de grãos; P o preço de venda da saca de grãos
Custo operacional (CO)	$CO = \Sigma(QI \cdot PI) + OA + CI$	Sendo $\Sigma$ a somatória de QI, quantidade de insumo utilizada, vezes PI, preço do insumo utilizado; OA os custos com operações agrícolas; CI os custos indiretos com seguro, transporte, encargos e impostos
Lucro operacional (LO)	$LO = RB - CO$	Sendo RB a receita bruta, CO o custo operacional
Margem bruta (MB)	$MB = (LO/CO) \cdot 100$	Sendo LO o lucro operacional; CO o custo operacional

Todos os indicadores econômicos foram corrigidos para dezembro de 2019, com o objetivo de converter os valores nominais em valores reais, excluindo os efeitos relacionados à inflação. A atualização monetária foi realizada com base no Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), que é o índice oficial de inflação do Brasil.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Produtividade de grãos

A partir da análise dos dados de produção verificaram-se diferenças significativas em relação ao impacto gerado pela diversificação de culturas na produtividade da cultura de milho no verão (Figura 4). Na safra 2009/10, nos sistemas de produção I e II foram produzidos 1020 kg de grãos de milho a mais, por hectare, em relação ao sistema V. Na safra 2013/14, a diferença na produção de grãos de milho entre os sistemas de produção I e o V, foi de 660 kg ha<sup>-1</sup>, e entre o II e o V, foi de 1200 kg ha<sup>-1</sup>. O cultivo de milho no verão, após o milho na segunda safra, no sistema de produção V, implicou em redução de produtividade. Entretanto, houve resposta positiva na quantidade produzida de grãos quando foi utilizado, antecedendo o milho de verão, o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) no sistema de produção I, e a aveia branca (*Avena sativa*) no sistema de produção II. A produtividade dos sistemas de produção I e II não se diferenciaram.



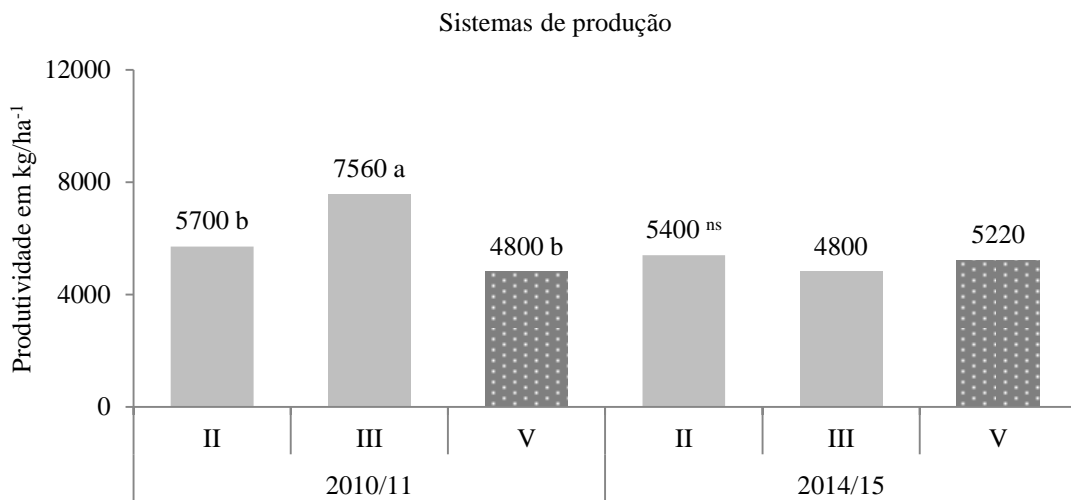
**Figura 4.** Produtividade média anual da cultura de milho no verão, nas safras 2009/10 e 2013/14. Comparativo entre os sistemas de produção I - nabo forrageiro/milho/trigo/soja/milho segunda safra/soja/trigo/soja; II - aveia branca/milho/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja/trigo/soja; V - milho segunda safra/milho/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja. Médias seguidas por letras distintas diferem-se de si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Em estudo recente com a cultura de milho, Coelho et al. (2019) observaram que a diversificação afeta a intensidade de doenças na cultura do milho. O cultivo de milho por duas safras seguidas tem maior potencial em reduzir a produtividade de grãos, na comparação com áreas manejadas com rotação de culturas, principalmente em SPD, em que

há maior favorecimento de fungos causadores das podridões de colmo e de espiga. Michelin et al. (2019), observaram que o maior rendimento da cultura do milho foi obtido com a utilização de consórcio de gramínea com leguminosa ou com leguminosa, antecedendo o milho no verão, sobretudo pelo aumento na disponibilidade de N no solo e consequente acúmulo de N na cultura.

Na região Centro-Oeste do Paraná o rendimento das culturas graníferas é elevado, comparativamente à média do Estado. Os dados de rendimento apresentados na Tabela 4 demonstram que mesmo em condição climática e solo favorável, como a da região deste estudo, a apropriada ordenação das culturas durante o ciclo produtivo (diversificação) pode apresentar elevados contrastes.

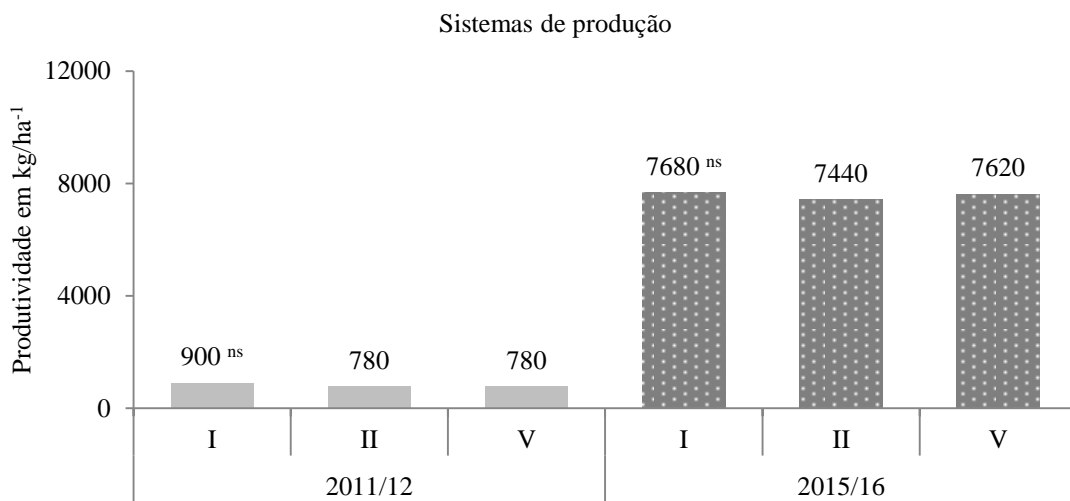
Em relação à cultura do milho segunda safra, a diferença estatística na produtividade, ocorreu apenas na safra 2010/11, entre os sistemas de produção II e V e o III. No sistema de produção III em que o milho segunda safra foi cultivado após a soja, houve um incremento de 2.760 kg do cereal ha<sup>-1</sup>, em relação aos sistemas de produção II e V, em que o milho segunda safra foi cultivado após o milho de verão (Figura 5).



**Figura 5.** Produtividade média anual da cultura de milho segunda safra, nos períodos 2010/11 e 2014/15. Sistema de produção: II - aveia branca/milho/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja/trigo/soja; III - consórcio aveia preta com nabo forrageiro/soja/milho segunda safra/soja/trigo/soja/milho segunda safra/soja; V - milho segunda safra/milho/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja. Médias seguidas por letras distintas diferem-se entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Houve a ocorrência de geada na safra 2011/12, registrando no mês de junho temperatura mínima de -1,6 °C, prejudicando todos os tratamentos (Figura 3). Nas safras 2014/15 e 2015/16 os resultados de produtividade foram similares entre os sistemas de produção (Figura 5 e 6), e pode ser atribuída à ausência de temperaturas extremas mínimas ou máximas, bem como pela disponibilidade hídrica muito superior à necessidade da cultura,

com precipitação aproximada de 1.000 mm em cada uma das safras (Figura 3). Devido principalmente à alta disponibilidade hídrica, os efeitos da diversificação sobre as culturas foram reduzidos. Franchini et al., (2012), observaram que a diversificação de culturas estabelece vantagens adicionais nos períodos de escassez ou deficiência de água, por meio de melhorias nos atributos físicos do solo, como o aumento da infiltração, armazenamento, disponibilidade hídrica e a condutividade hidráulica.

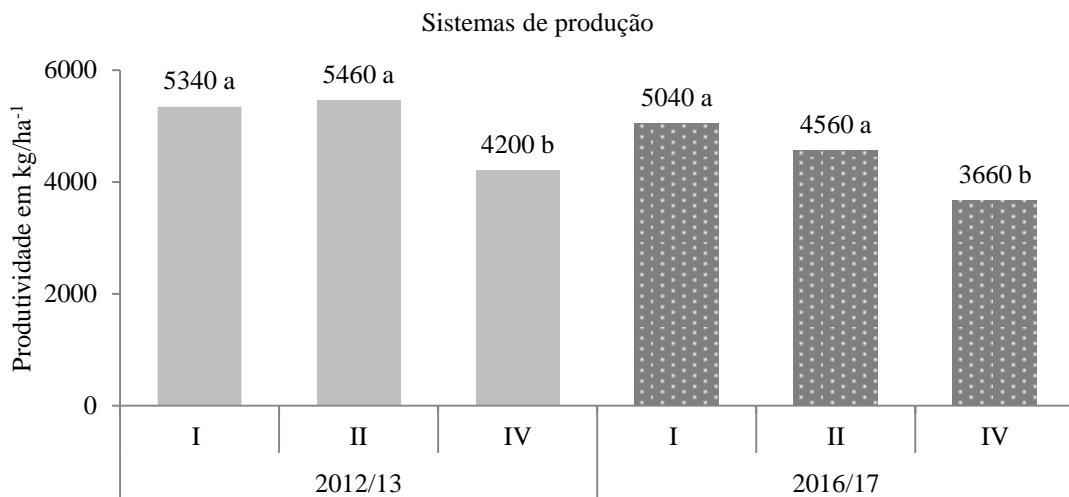


**Figura 6.** Produtividade média anual da cultura de milho segunda safra, nos períodos 2011/12 e 2015/16. Sistema de produção: I - nabo forrageiro/milho/trigo/soja/milho segunda safra/soja/trigo/soja; II - aveia branca/milho/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja/trigo/soja; V - milho segunda safra/milho/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja. Médias seguidas por letras distintas diferem-se entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O milho é uma cultura importante para compor os sistemas diversificados, respondendo de modo significativo às espécies vegetais que o antecedem. O cereal apresenta melhor desenvolvimento quando cultivado sobre palhada de leguminosas com capacidade de fixar N ou culturas para cobertura do solo como a aveia (*Avena spp.*) ou nabo forrageiro (*Raphanus sativus*). Além disso, a produção de grãos de milho reduz a dependência do produtor em relação à soja. Entretanto, o uso contínuo da sucessão soja/milho segunda safra impacta de forma negativa a produtividade da oleaginosa e acarreta uma série de problemas, entre os quais se destaca o aumento dos custos associados ao controle de plantas daninhas, particularmente capim amargoso e buva (FRANCHINI et al., 2012).

Verificaram-se diferenças significativas entre os sistemas de produção na cultura do trigo (Figura 7). As maiores produtividades foram encontradas nos sistemas de produção I e II, aumento de 1.140 e 1.260 kg ha<sup>-1</sup> na safra 2012/13 e 1.380 e 900 kg ha<sup>-1</sup> na safra 2016/17, respectivamente, em relação ao sistema produtivo IV. Com acréscimo

produtivo médio de 28,5% no primeiro ciclo produtivo e 31,5% no segundo, verificam-se vantagens da diversificação de culturas sobre o cereal. Destacando além do efeito anual do tratamento sobre a cultura, efeito acumulado no segundo ciclo da gramínea. Não houve diferença estatística no rendimento de grãos entre os sistemas produtivos I e II. Nota-se que a produtividade do trigo diminuiu consideravelmente quando foi cultivado todos os anos no inverno, sendo mais alta e constante quando cultivado por um ou dois invernos. Resultado que pode ser explicado em grande parte pela menor incidência de doenças na cultura e melhoria na qualidade do solo.



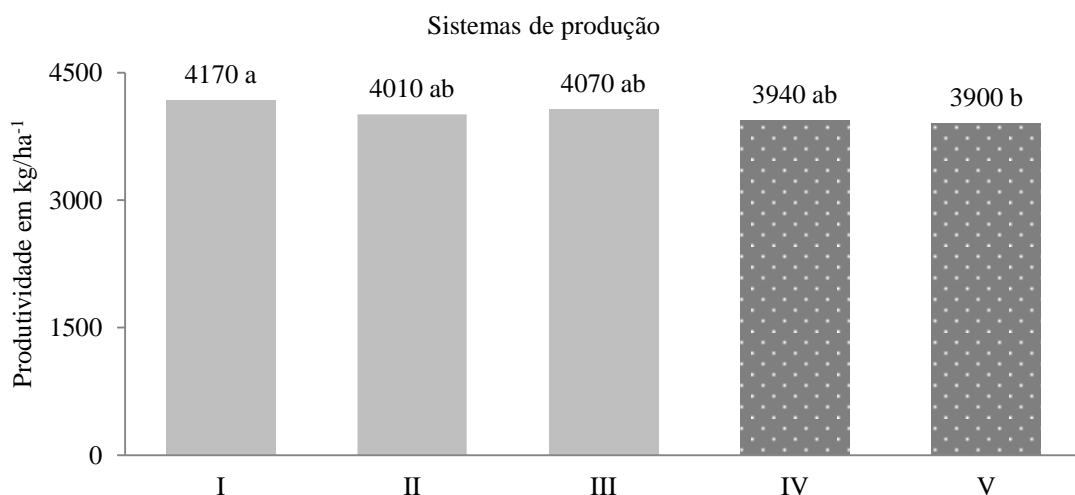
**Figura 7.** Produtividade média anual da cultura do trigo nas safras 2012/13 e 2016/17. Comparativo entre os sistemas de produção I - nabo forrageiro/milho/trigo/soja/milho segunda safra/soja/trigo/soja; II - aveia branca/milho/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja/trigo/soja; IV - milho segunda safra/milho/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja. Médias seguidas por letras distintas diferem-se de si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Santos et al., (2012), também demonstraram que a rotação de culturas propicia maior rendimento de grãos, massa de 1.000 grãos e massa do hectolitro na cultura do trigo, em relação a sucessão soja/trigo. Franchini et al., (2012), trabalhando com tipos de manejo e rotação de culturas, observaram que a cultura responde de forma consistente a rotação de culturas. Os autores demonstraram que os benefícios da diversificação sobre o trigo pode ser atribuído principalmente à diminuição da incidência e severidade de doenças radiculares e da parte aérea da cultura como: *Gaeumannomyces graminis* (mal-do-pé), *Bipolaris sorokiniana* (podridão comum), *Drechslera tritici-repentis* (mancha amarela da folha), *Stagonospora nodorum* (mancha da folha) e *Bipolaris sorokiniana* (helminthosporiose).

Nas safras 2010/11, 2011/12, 2012/13, 2014/15, 2015/16 e 2016/17, onde foi cultivada soja em todos os tratamentos (Tabela 1), a produtividade média de grãos da

cultura (Figura 8), ao longo de seis safras, foi maior no sistema de produção I, quando comparado ao sistema V. Os sistemas de produção II, III e IV apresentaram desempenho produtivo intermediário. No sistema de produção I houve incremento de 270 kg ha<sup>-1</sup> de grãos de soja em relação ao sistema de produção V. Essa diferença de aproximadamente 7 % pode ser atribuída principalmente ao menor grau de diversificação do sistema V, constituído por apenas duas espécies vegetais (soja e milho), ao passo que o sistema de produção I, envolve a diversificação na primavera/verão e outono/inverno e é composto por quatro espécies vegetais (nabo forrageiro, milho, trigo e soja). Além disso, o nabo forrageiro, presente no sistema produtivo I, pode ter contribuído para o rompimento da camada mais adensada do solo, facilitando o crescimento radicular das plantas subsequentes, aumentando a disponibilidade de água e ar no solo.

A análise ao longo de dois ciclos quadrienais demonstra os efeitos benéficos e consistentes dos sistemas diversificados na produtividade da cultura, levando-se em conta também a quantidade, distribuição e qualidade da biomassa produzida pelas culturas que antecederam a soja. A quantidade e a qualidade de biomassa remanescente são fundamentais para o armazenamento de água, de nutrientes e de matéria orgânica no solo. Nos sistemas de produção conservacionistas a capacidade de armazenamento de água e os níveis de fertilidade geralmente são maiores, porque o solo torna-se mais estruturado.



**Figura 8.** Produtividade média da cultura da soja ao longo de seis safras, 2010/11, 2011/12, 2012/13, 2014/15, 2015/16 e 2016/17. Comparativo entre os sistemas de produção I- nabo forrageiro/milho/trigo/soja/milho segunda safra/soja/trigo/soja; II - aveia branca/milho/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja/trigo/soja; III - consórcio aveia preta com nabo forrageiro/soja/milho segunda safra/soja/trigo/soja/milho segunda safra/soja; IV - trigo/soja; V- milho segunda safra/milho/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja. Médias seguidas por letras distintas diferem-se de si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Franchini et al., (2012), em um estudo de duas décadas de sistemas produtivos semelhantes, demonstram melhorias do sistema produtivo através da produção de palha e raízes pelas diferentes espécies utilizadas durante o ciclo produtivo. Os benefícios diretos da cobertura do solo sobre a produtividade das culturas envolvem a redução da amplitude térmica, diminuição das perdas de solo, água e nutrientes por erosão, redução da infestação de plantas daninhas, especialmente àquelas resistentes a herbicidas, quebra de ciclos de doenças e redução da infestação de insetos e pragas, além do efeito das raízes favorecendo a ciclagem de nutrientes, infiltração de água e principalmente, a melhoria da estrutura do solo, mediante o rompimento das camadas compactadas e restritivas ao desenvolvimento das plantas. Santos et al., (2014), estudando o rendimento de grãos e características agrônômicas de soja em função de sistemas de diversificação de culturas também concluíram que, os menores rendimentos de grãos e massa de grãos ocorreram nos tratamentos com menor grau de diversificação.

#### **4.2 Análise econômica**

Na Tabela 2 são apresentados os resultados da receita bruta, do custo operacional e do lucro operacional (em R\$ ha<sup>-1</sup>) para cada safra e cultura.

O milho no verão foi a cultura que apresentou maior custo por hectare, sendo de R\$ 3.449,00 na média das safras, seguido pelo milho de segunda safra (R\$ 2.910,00), pela soja (R\$ 2.486,00), e pelo trigo (R\$ 2.124,00). Em comparação com a soja, os custos operacionais do milho de verão e do milho de segunda safra, foram 39% e 17% maiores, respectivamente. Já o custo do trigo foi 14,5% menor que o da soja.

Na média das safras, a soja foi a cultura que apresentou a maior receita por hectare (R\$ 5.023,00), seguida pelo milho no verão (R\$ 4.766,00), do trigo (R\$ 2.700,00), e do milho de segunda safra (R\$ 2.221,00). Em comparação com a soja, a receita bruta do milho de verão, milho segunda safra e trigo foram respectivamente, cerca de 5, 56 e 46 % menores.

Na médias das safras, a soja também foi a cultura que apresentou o maior lucro por hectare (R\$ 2.537,00) seguida pelo milho no verão (R\$ 1.317,00), trigo (R\$ 576,00) e milho segunda safra, com prejuízo de (R\$ 689,00). Em comparação com a soja, o lucro operacional do milho no verão, trigo e milho segunda safra foram de 48, 77 e 127 % menores, respectivamente.

Entre as culturas utilizadas como cobertura de solo, o maior custo operacional por hectare, na média das safras, foi produzido pelo consórcio aveia preta com nabo forrageiro (R\$ 598,00) seguido pelo nabo forrageiro (R\$ 592,00) e aveia branca (R\$ 561,00), demonstrando assim, o baixo custo para implantação dessas espécies nos sistemas produtivos. Em estudo sobre a produtividade de feijão e efeito supressivo de culturas de cobertura, Bittencourt et al., (2009), demonstraram o retorno por unidade monetária investida em culturas de cobertura no inverno. O custo com as sementes de plantas para cobertura do solo variou de 25 a 70 dólares por ha<sup>-1</sup>, mas os ganhos em receita foram 83 a 250 % maiores. Em todos os casos, os ganhos na renda bruta, em relação à testemunha, foram de, no mínimo, 5,5 vezes, chegando a quase 30 vezes o valor investido em sementes de culturas de cobertura. Mesmo que considerados os custos da semeadura, ficam evidentes os ganhos econômicos no curto prazo com o uso de plantas de cobertura.

Em média, os desembolsos com insumos, operações mecanizadas e outros custos, para a cultura do milho no verão foram perto de 59, 25 e 16%, do custo operacional, enquanto que para o milho de segunda safra estes custos corresponderam a aproximadamente 64, 23 e 13%. Já para a cultura do trigo, corresponderam a aproximadamente 55, 29 e 16%, respectivamente. Para a soja, os desembolsos com insumos responderam a quase 50% do custo operacional, enquanto as despesas com operações mecanizadas corresponderam a quase 32%, e outros custos ficaram em torno de 18%.

Na maioria das safras, os cultivos obtiveram receita bruta e lucro operacional superiores nos sistemas que praticaram a diversificação de culturas. Esse resultado só não pôde ser observado no verão da safra 2016/17 e no inverno das safras 2009/10 e 2013/14, em função do cultivo de plantas para cobertura do solo.

**Tabela 2.** Receita bruta, custo operacional e lucro operacional (em R\$ ha<sup>-1</sup>) das safras 2009/10 a 2016/17, nos sistemas de produção de grãos I e II, avaliados em Campo Mourão, PR.

	2009/10		2010/11		2011/12		2012/13		2013/14		2014/15		2015/16		2016/17	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
<b>Sistema de produção I</b>																
	NF	M	T	S	MS	S	T	S	NF	M	T	S	MS	S	T	S
Receita bruta	0,00	5.200,00	2.128,00	3.810,00	510,00	6.630,00	3.731,00	6.601,00	0,00	4.498,00	3.337,00	5.439,00	3.328,00	5.313,00	3.344,00	3.575,00
Custo operacional	583,22	3.552,86	1.904,61	2.462,88	2.658,20	2.344,08	2.234,76	2.707,41	601,98	3.374,23	2.011,90	2.643,99	3.091,99	2.454,69	2.500,07	2.387,89
Insumos	277,98	2.089,98	1.071,44	1.301,70	1.924,05	1.017,00	1.070,57	1.225,73	241,76	2.019,55	1.018,72	1.320,60	1.820,63	1.135,94	1.451,17	1.380,72
Proteção sementes	0,00	89,40	86,09	90,26	94,65	72,91	83,73	86,97	0,00	83,50	98,23	79,68	95,14	72,75	103,33	75,83
Sementes	71,26	493,25	201,73	266,35	566,76	225,11	282,14	263,60	85,93	748,20	297,52	314,88	595,49	287,50	355,90	414,57
Fertilizantes	0,00	1.032,41	490,58	388,25	896,24	366,71	370,12	493,79	0,00	834,31	251,29	556,55	751,12	334,10	598,87	344,58
Herbicidas	206,71	265,90	106,83	134,06	227,81	104,64	91,80	120,75	155,82	171,92	116,21	127,65	144,42	120,40	129,21	149,21
Inseticidas	0,00	144,72	73,77	260,47	138,60	135,33	72,95	146,42	0,00	125,89	91,46	132,86	162,72	111,23	103,72	170,76
Fungicidas	0,00	64,30	112,44	162,31	0,00	112,29	169,82	114,21	0,00	55,73	164,00	108,96	71,75	209,97	160,15	225,77
Operações	238,51	889,49	531,55	752,83	455,97	798,36	739,87	916,36	289,91	844,51	639,63	816,35	823,29	835,91	651,47	609,03
Outros custos	66,74	573,39	301,62	408,35	278,18	528,73	424,32	565,31	70,32	510,17	353,55	507,04	448,07	482,84	397,43	398,15
Lucro operacional	-583,22	1.647,14	223,39	1.347,12	-2.148,20	4.285,92	1.496,24	3.893,59	-601,98	1.123,77	1.325,10	2.795,01	236,01	2.858,31	843,93	1.187,11
<b>Sistema de produção II</b>																
	AB	M	MS	S	MS	S	T	S	AB	M	MS	S	MS	S	T	S
Receita bruta	0,00	5.200,00	2.375,00	4.191,00	442,00	6.120,00	3.649,00	6.118,00	0,00	4.732,00	2.340,00	5.145,00	3.224,00	5.082,00	3.696,00	3.380,00
Custo operacional	558,71	3.548,02	2.823,19	2.566,34	2.648,07	2.286,63	2.222,00	2.645,69	564,00	3.407,96	3.051,34	2.607,74	3.077,21	2.427,88	2.547,57	2.363,93
Insumos	255,66	2.085,58	1.741,45	1.348,19	1.924,05	1.017,00	1.070,57	1.225,73	218,84	2.019,55	1.935,48	1.320,60	1.820,63	1.135,94	1.451,17	1.380,72
Proteção sementes	0,00	89,40	564,71	90,93	94,65	72,91	83,73	86,97	0,00	83,50	784,49	79,68	95,14	72,75	103,33	75,83
Sementes	48,95	493,25	480,68	268,34	566,76	225,11	282,14	263,60	63,02	748,20	680,80	314,88	595,49	287,50	355,90	414,57
Fertilizantes	0,00	1.032,41	317,65	391,16	896,24	366,71	370,12	493,79	0,00	834,31	97,22	556,55	751,12	334,10	598,87	344,58
Herbicidas	206,71	262,38	220,76	134,06	227,81	104,64	91,80	120,75	155,82	171,92	201,24	127,65	144,42	120,40	129,21	149,21
Inseticidas	0,00	144,72	49,04	242,75	138,60	135,33	72,95	146,42	0,00	125,89	114,10	132,86	162,72	111,23	103,72	170,76
Fungicidas	0,00	63,42	108,62	220,94	0,00	112,29	169,82	114,21	0,00	55,73	57,64	108,96	71,75	209,97	160,15	225,77
Operações	238,51	889,49	684,39	782,86	450,53	769,72	732,81	882,59	278,23	864,36	715,81	796,99	814,66	822,22	678,38	596,26
Outros custos	64,55	572,95	397,35	435,29	273,50	499,91	418,62	537,37	66,93	524,05	400,04	490,15	441,92	469,72	418,02	386,95
Lucro operacional	-558,71	1.651,98	-448,19	1.624,66	-2.206,07	3.833,37	1.427,00	3.472,31	-564,00	1.324,04	-711,34	2.537,26	146,79	2.654,12	1.148,43	1.016,07

**Nota 1.** AB = aveia branca para cobertura do solo; M = milho; MS = milho segunda safra; NF = nabo forrageiro para cobertura do solo; S = soja; T = trigo.

Continua...

**Tabela 2.** Receita bruta, custo operacional e lucro operacional (em R\$ ha<sup>-1</sup>) das safras 2009/10 a 2016/17, nos sistemas de produção de grãos III e IV, avaliados em Campo Mourão, PR.

	2009/10		2010/11		2011/12		2012/13		2013/14		2014/15		2015/16		2016/17	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
<b>Sistema de produção III</b>																
	A + NF	S	MS	S	T	S	MS	S	A + NF	S	MS	S	T	S	MS	S
Receita bruta	0,00	4.292,00	3.150,00	4.254,50	1.900,00	6.120,00	2.176,00	6.520,50	0,00	6.460,00	2.080,00	4.777,50	2.009,00	5.159,00	3.037,50	3.640,00
Custo operacional	582,74	2.588,38	2.969,45	2.574,86	1.883,23	2.286,63	2.851,11	2.697,12	613,30	2.645,95	3.015,46	2.454,35	1.974,64	2.436,81	2.943,23	2.395,88
Insumos	277,54	1.350,61	1.741,45	1.348,19	1.093,88	1.017,00	1.826,95	1.225,73	252,07	1.100,01	1.935,48	1.269,98	1.054,03	1.135,94	1.939,88	1.380,72
Proteção sementes	0,00	95,21	564,71	90,93	83,41	72,91	693,00	86,97	0,00	71,12	784,49	79,68	96,65	72,75	909,43	75,83
Sementes	70,83	280,98	480,68	268,34	288,89	225,11	573,68	263,60	96,24	236,33	680,80	314,88	314,45	287,50	572,80	414,57
Fertilizantes	0,00	409,57	317,65	391,16	382,63	366,71	348,06	493,79	0,00	360,97	97,22	556,55	233,96	334,10	99,44	344,58
Herbicidas	206,71	140,08	220,76	134,06	91,50	104,64	113,70	120,75	155,82	112,33	201,24	127,43	106,30	120,40	200,55	149,21
Inseticidas	0,00	196,31	49,04	242,75	73,77	135,33	45,85	146,42	0,00	147,54	114,10	129,05	95,73	111,23	98,06	170,76
Fungicidas	0,00	228,45	108,62	220,94	173,67	112,29	52,67	114,21	0,00	171,73	57,64	62,38	206,94	209,97	59,60	225,77
Operações	238,51	792,67	774,54	787,67	503,15	769,72	631,20	910,73	289,91	1.009,66	695,22	724,98	633,57	826,78	580,59	613,28
Outros custos	66,69	445,11	453,46	439,00	286,21	499,91	392,96	560,65	71,33	536,27	384,76	459,38	287,05	474,09	422,76	401,88
Lucro operacional	-582,74	1.703,62	180,55	1.679,64	16,77	3.833,37	-675,11	3.823,38	-613,30	3.814,05	-935,46	2.323,15	34,36	2.722,19	94,27	1.244,12
<b>Sistema de produção IV</b>																
	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S
Receita bruta	2.180,50	4.060,00	2.052,00	3.873,50	1.710,00	5.950,00	2.870,00	5.957,00	862,50	6.308,00	2.209,00	4.630,50	1.763,00	5.005,00	2.684,00	3.380,00
Custo operacional	2.143,96	2.551,19	1.893,59	2.471,40	1.856,70	2.267,48	2.100,75	2.625,11	1.926,82	2.625,70	1.895,00	2.435,95	1.942,99	2.418,62	2.411,02	2.363,30
Insumos	1.291,11	1.350,61	1.071,44	1.301,70	1.093,88	1.017,00	1.070,57	1.225,73	1.145,29	1.100,01	1.018,72	1.269,98	1.054,03	1.135,94	1.451,17	1.380,72
Proteção sementes	89,33	95,21	86,09	90,26	83,41	72,91	83,73	86,97	99,14	71,12	98,23	79,68	96,65	72,75	103,33	75,83
Sementes	235,94	280,98	201,73	266,35	288,89	225,11	282,14	263,60	290,58	236,33	297,52	314,88	314,45	287,50	355,90	414,57
Fertilizantes	558,56	409,57	490,58	388,25	382,63	366,71	370,12	493,79	445,13	360,97	251,29	556,55	233,96	334,10	598,87	344,58
Herbicidas	136,12	140,08	106,83	134,06	91,50	104,64	91,80	120,75	104,29	112,33	116,21	127,43	106,30	307,49	129,21	149,21
Inseticidas	78,29	196,31	73,77	201,84	73,77	135,33	72,95	146,42	59,23	147,54	91,46	82,47	95,73	134,11	103,72	170,76
Fungicidas	192,87	228,45	112,44	220,94	173,67	112,29	169,82	114,21	146,93	171,73	164,00	108,96	206,94	0,00	160,15	225,77
Operações	525,63	772,28	525,74	757,64	489,54	760,17	665,66	871,33	545,02	998,28	585,56	715,05	616,47	817,66	601,02	596,26
Outros custos	327,21	428,31	296,41	412,06	273,29	490,31	364,52	528,05	236,51	527,41	290,72	450,91	272,49	465,02	358,83	386,32
Lucro operacional	36,54	1.508,81	158,41	1.402,10	-146,70	3.682,52	769,25	3.331,89	-1.064,32	3.682,30	314,00	2.194,55	-179,99	2.586,38	272,98	1.016,70

**Nota 2.** A+NF = consórcio de aveia preta com nabo forrageiro para cobertura do solo; MS = milho segunda safra; S = soja; T = trigo

Continua...

**Tabela 2.** Receita bruta, custo operacional e lucro operacional (em R\$ ha<sup>-1</sup>) das safras 2009/10 a 2016/17, no sistema de produção de grãos V, avaliado em Campo Mourão, PR.

	2009/10		2010/11		2011/12		2012/13		2013/14		2014/15		2015/16		2016/17	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
<b>Sistema de produção V</b>																
	MS	M	MS	S	MS	S	MS	S	MS	M	MS	S	MS	S	MS	S
Receita bruta	1.998,00	4.758,00	2.000,00	4.191,00	442,00	6.205,00	2.040,00	4.588,50	3.536,00	4.212,00	2.262,00	5.218,50	3.302,00	4.774,00	2.512,50	4.030,00
Custo operacional	2.955,36	3.481,67	2.752,42	2.568,69	2.648,07	2.297,66	2.831,46	2.449,89	3.183,56	3.333,00	3.040,58	2.616,80	3.088,30	2.412,18	2.889,88	2.463,48
Insumos	1.972,52	2.089,79	1.741,45	1.348,19	1.924,05	1.017,00	1.826,95	1.225,41	1.866,73	2.019,55	1.935,48	1.320,60	1.820,63	1.135,94	1.939,88	1.380,72
Proteção sementes	91,33	89,40	87,12	90,93	94,65	72,91	96,38	86,97	100,53	83,50	97,22	79,68	95,14	72,75	99,44	75,83
Sementes	476,89	493,25	480,68	268,34	566,76	225,11	573,68	263,60	619,49	748,20	680,80	314,88	595,49	287,50	572,80	414,57
Fertilizantes	993,42	1.032,41	795,24	391,16	896,24	366,71	944,69	493,79	801,14	834,31	784,49	556,55	751,12	334,10	909,43	344,58
Herbicidas	263,13	262,38	232,71	134,06	227,81	104,64	113,70	120,75	149,12	171,92	130,91	127,65	144,42	120,40	148,31	149,21
Inseticidas	147,75	148,94	145,70	242,75	138,60	135,33	98,51	146,42	116,54	125,89	184,43	132,86	162,72	111,23	150,30	170,76
Fungicidas	0,00	63,42	0,00	220,94	0,00	112,29	0,00	113,89	79,92	55,73	57,64	108,96	71,75	209,97	59,60	225,77
Operações	593,33	845,38	640,77	782,86	450,53	775,82	620,86	775,63	819,59	820,25	709,63	801,83	821,14	822,23	556,39	656,73
Outros custos	389,52	546,50	370,20	437,64	273,50	504,84	383,65	448,84	497,24	493,20	395,46	494,37	446,53	454,01	393,61	426,03
Lucro operacional	-957,36	1.276,33	-752,42	1.622,31	-2.206,07	3.907,34	-791,46	2.138,61	352,44	879,00	-778,58	2.601,70	213,70	2.361,82	-377,38	1.566,52

**Nota 3.** M = milho; MS = milho segunda safra; S = soja.

Conclusão.

Na Tabela 3 são apresentados a receita bruta, custo operacional, lucro operacional (R\$ ha<sup>-1</sup>) e margem bruta (%) acumulados em dois ciclos quadrienais para cada um dos sistemas de produção de grãos. Esses indicadores são fundamentais para diagnosticar a eficiência dos fatores produtivos (terra, capital e trabalho) empregados aos sistemas agrícolas, contribuindo na definição do nível de investimento em cada cultura, a fim de minimizar os custos e/ou maximizar a receita e o lucro no curto e no longo prazo.

Os índices demonstraram ao longo de oito anos, o melhor desempenho econômico do sistema de produção I, em relação aos outros sistemas avaliados. Esse modelo apresentou a maior receita bruta (R\$ 57.444,00) e lucro operacional (R\$ 19.929,00), demonstrando apenas o terceiro maior custo (R\$ 37.514,00) entre os tratamentos. Esses resultados testemunham os sólidos efeitos da diversificação através da redução dos custos de produção e aumento no rendimento dos grãos. Esse modelo expressa aumento de produtividade do trigo e do milho segunda safra, cultivados após uma cultura leguminosa. Também manifesta o melhor desempenho do milho de verão cultivado após culturas de cobertura, e ainda evidencia os benefícios da biomassa produzida pelas culturas que antecederam a soja, especialmente o nabo forrageiro.

Resultados similares foram obtidos por González et al., (2013), quando analisaram o desempenho econômico da rotação de culturas no Chile, e verificaram que a maior estabilidade econômica ocorreu quando foram inseridas algumas leguminosas no sistema, Al-Kaisi et al. (2015; 2016), constataram que o rendimento da soja e o retorno econômico auferido pelo sistema de rotação de culturas foi superior ao da sucessão soja/milho segunda safra. Santos et al. (2012) evidenciaram em seu estudo que a rotação de culturas propicia maior rendimento de grãos e massa do hectolitro na cultura do trigo em relação à sucessão soja/trigo. Michelon et al. (2019), observaram que o melhor rendimento de grãos da cultura do milho foi obtida com a utilização do consórcio de gramínea com leguminosa ou com leguminosa solteira, antecedendo o milho, justificado pelo aumento na disponibilidade de N no solo e consequentemente na cultura.

O segundo maior lucro operacional ocorreu no sistema IV (R\$ 19.565,00). Esse modelo apresentou receita bruta intermediária (R\$ 55.495,00) e o menor custo operacional (R\$ 35.929,00) entre os sistemas avaliados. Apesar de problemas enfrentados com a produção e comercialização da cultura do trigo nos últimos anos, cabe destacar que o menor custo de produção aliado à supressão de plantas daninhas, proporcionada pela melhor cobertura de solo, torna o trigo uma cultura ainda interessante para compor os sistemas de

produção em alternância ao milho segunda safra e/ou espécies para cobertura do solo. Livingston et al., (2016), afirmam em seu estudo sobre o retorno econômico do manejo da resistência a herbicidas no curto e no longo prazo, que um modelo bioeconômico é uma estratégia eficiente para manejar a resistência de ervas daninhas ao herbicida glifosato nos sistemas produtivos que envolvem o milho e a soja. Os resultados do modelo constataram que o manejo da resistência reduz o lucro no primeiro ano de implantação, mas aumenta o lucro no segundo e nos 18 anos subsequentes.

Em relação ao sistema II, esse demonstrou receita bruta intermediária (R\$ 55.694,00), com elevado custo operacional (R\$ 39.346,00), apresentando a segunda pior lucratividade (R\$ 16.347,00). Esse modelo revelou o baixo desempenho produtivo e econômico do milho na segunda safra cultivado após o milho no verão. Por sua vez, o sistema III obteve receita bruta mediana (R\$ 55.576,00), apresentando o segundo menor custo operacional (R\$ 36.913,00) e a terceira melhor lucratividade (R\$ 18.662,00) entre os sistemas avaliados. Tais resultados, indicam que o manejo dos sistemas de produção, deve priorizar a obtenção de altas produtividades da cultura da soja, que é a mais rentável.

**Tabela 3.** Receita bruta, custo operacional, lucro operacional (em R\$ ha<sup>-1</sup>) e margem bruta (%) acumulada nas safras 2009/10 a 2016/17, nos sistemas de produção de grãos I, II, III, IV e V, avaliados em Campo Mourão, PR.

Sistemas de produção	Safra	Receita bruta		Custo operacional		Lucro operacional		Margem Bruta
		R\$/ha <sup>-1</sup>	(%)	R\$/ha <sup>-1</sup>	(%)	R\$/ha <sup>-1</sup>	(%)	(%)
I	Inverno	16.378,00	28,51	15.586,73	41,55	791,27	3,97	
	Verão	41.066,00	71,49	21.928,03	58,45	19.137,97	96,03	53
	Total	57.444,00	100,00	37.514,76	100,00	19.929,24	100,00	
II	Inverno	15.726,00	28,24	17.492,09	44,46	-1.766,09	-10,80	
	Verão	39.968,00	71,76	21.854,18	55,54	18.113,82	110,80	42
	Total	55.694,00	100,00	39.346,27	100,00	16.347,73	100,00	
III	Inverno	14.352,50	25,82	16.833,18	45,60	-2.480,68	-13,29	
	Verão	41.223,50	74,18	20.079,98	54,40	21.143,52	113,29	51
	Total	55.576,00	100,00	36.913,16	100,00	18.662,84	100,00	
IV	Inverno	16.331,00	29,43	16.170,83	45,01	160,17	0,82	
	Verão	39.164,00	70,57	19.758,75	54,99	19.405,25	99,18	54
	Total	55.495,00	100,00	35.929,58	100,00	19.565,42	100,00	
V	Inverno	18.092,50	32,27	23.389,61	51,96	-5.297,11	-47,91	
	Verão	37.977,00	67,73	21.623,37	48,04	16.353,63	147,91	25
	Total	56.069,50	100,00	45.012,98	100,00	11.056,52	100,00	

**Nota 4.** Sistema de produção I- nabo forrageiro/milho/trigo/soja/milho segunda safra/soja/trigo/soja; II - aveia branca/milho/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/soja/ trigo/soja; III - consórcio aveia preta com nabo forrageiro/soja/milho segunda safra/ soja/trigo/soja/milho segunda safra/soja; IV - trigo/soja; V- milho segunda safra/milho/milho segunda safra/soja/milho segunda safra/ soja/milho segunda safra/soja.

O sistema de produção V foi responsável pelo pior desempenho acumulado. Esse modelo apresentou a segunda maior receita bruta (R\$ 56.069,00), e de maneira oposta o menor lucro (R\$ 11.056,00) e o maior custo operacional (R\$ 45.012,00) entre os sistemas. O cultivo sucessivo da soja e do milho segunda safra compromete a capacidade produtiva do solo e associado ao maior custo operacional do milho no outono-inverno diminui o lucro do sistema. A análise econômica realizada por Nóia Junior e Sentelhas (2019), revela que a sucessão soja/milho segunda safra é um sistema de produção arriscado e seu sucesso depende fortemente da escolha da melhor data de semeadura, em função da vulnerabilidade climática que ocorre no outono-inverno no país. Segundo os autores, no Brasil, grande parte dos agricultores produz em sistema de sucessão com alto custo de produção e um preço de venda volátil. Os fertilizantes, sementes, pesticidas e custos de transporte são as principais razões dos altos custos de produção.

Observa-se que o lucro operacional foi pouco relevante ou negativo em todos os tratamentos que envolvem o trigo e o milho segunda safra, demonstrando que a soja é a cultura que proporciona os maiores rendimentos (Tabela 3). Do mesmo modo, a participação relativa das culturas graníferas de outono-inverno no sistema, é maior nos custos operacionais (~46%), do que na receita bruta, (~29 %). Isso demonstra o limitado retorno econômico das culturas implantadas nesse período na região em função de limitações climáticas.

A margem bruta constitui-se em um indicador econômico que pode representar o risco inerente ao negócio agrícola, representando o retorno percentual do capital investido (Tabela 3). Nesse caso, a maior margem bruta, 54%, foi obtida pelo sistema de produção IV, devido principalmente ao menor custo de produção da cultura do trigo e a ausência do milho no sistema. À medida que o milho é inserido ao sistema, pode-se aumentar a receita bruta, mas os custos operacionais tendem a crescer, e a margem bruta diminui, indicando maior risco para o empreendimento rural. O gerenciamento do risco envolvido na atividade agrícola deve ser considerado como fator de impedimento ou de incentivo à adoção de determinada prática. Nesse caso, o sistema de produção I se apresenta como a opção mais adequada para aumentar a diversificação de culturas em sistemas de produção de grãos no Centro-Oeste do Paraná, uma vez que obteve margem bruta de 53%, similar ao sistema de produção IV. O sistema de produção V apresentou a pior margem bruta entre os sistemas avaliados, 25 %.

Com o intuito de ampliar a discussão, a respeito da diversificação de espécies vegetais nos sistemas de produção, além das alternativas apresentadas neste estudo, outra opção interessante, se refere à utilização de forrageiras tropicais perenes no período de outono-inverno, particularmente a braquiária ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*), em cultivo solteiro ou consorciado ao milho segunda safra. Seus resultados já são amplamente reconhecidos, sendo os mesmos decorrentes da alta produção de palha e raízes dessas espécies. Estudos científicos desenvolvidos por Balbinot Junior et al. (2017), Correia et al. (2013) e Franchini et al. (2015) demonstram os benefícios da inserção das braquiárias nos sistemas de produção de soja e milho, estando relacionados principalmente à conservação e melhoria da qualidade do solo, redução da infestação de plantas daninhas e aumento da cobertura do solo.

Pela análise dos índices produtivos e econômicos, verifica-se que a soja é a cultura que gera a maior parcela da renda do produtor de grãos. Além disso, constata-se que a cultura do milho apresenta custos de produção elevados e crescentes, podendo inviabilizar o sistema de sucessão soja/milho segunda safra. Os resultados desse estudo demonstram, ainda, que a diversificação de culturas gera inúmeras vantagens aos sistemas de produção de grãos, como ganhos de produtividade, maior lucratividade e benefícios sociais e ambientais. Assim, a adoção de sistemas de rotação de culturas diversificados é essencial para a sustentabilidade da agricultura.

## 5 CONCLUSÃO

A diversificação de culturas gerou aumento na produtividade de grãos das culturas, redução nos custos de produção e aumento na rentabilidade dos sistemas de produção de grãos.

O sistema de produção I, que envolve a diversificação com culturas para cobertura do solo no outono/inverno e entre a soja e o milho na primavera/verão a cada quatro anos, foi o sistema que apresentou os melhores resultados sob o ponto de vista da produtividade e rentabilidade. Todos os sistemas de produção apresentaram lucro operacional superior ao sistema que envolve a sucessão soja/milho segunda safra (sistema de produção V). Embora o sistema IV tenha apresentado resultado econômico semelhante aos sistemas mais diversificados em função do menor custo de produção da cultura do trigo, esse sistema que envolve a soja e o trigo em sucessão não é considerado sustentável, pois não atende aos princípios da Agricultura Conservacionista.

A análise dos índices econômicos considerando o sistemas de produção como um todo, indicam que a rentabilidade da cultura da soja é superior a outras culturas avaliadas. O milho é o responsável pelo aumento nos custos de produção e pode impactar de forma negativa no resultado dos sistemas, principalmente na segunda safra.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABITRIGO – Associação Brasileira da Indústria do Trigo. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br/estatisticas.php>>. Acesso em: 14 de out. de 2019.

AL-KAISI, M.; ARCHONTOULIS, S.; KWAH-MENSAH, D. Soybean spatiotemporal yield and economic variability as affected by tillage and crop rotation. **Agronomy Journal**, v. 108, n. 3, p. 1267-1280, 2016.

AL-KAISI, M.; ARCHONTOULIS, S.; KWAH-MENSAH, D.; MIGUEZ, F. Tillage and crop rotation effects on corn agronomic response and economic return at seven Iowa locations. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 4, p. 1411-1424, 2015.

AMOSSÉ, C.; JEUFFROY, M. H.; DAVID, C. Relay intercropping of legume cover crops in organic winter wheat: effects on performance and resource availability. **Field Crops Research**, v. 145, p. 78-87, 2013.

APARECIDO, O., L. E.; ROLIM, S. de, G.; RICHETTI, J.; SOUZA de, P. S.; JOHANN, J. A. Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Paraná, Brazil. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 4, p. 405-417, 2016.

ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; DE SOUZA A. R. L.; DA SILVA, L. X. Gestão de custos na produção de milho e soja. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, v. 20, n. 2, p. 273-294, 2018.

ASSEF, R. **Gerência de preços: como ferramenta de marketing**. 4 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

BALBINOT J.; HIROSHI H.; FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.; RIBEIRO, R.H. 2017. **Análise da área, produção e produtividade da soja no Brasil em duas décadas (1997-2016)**. Londrina: Embrapa Soja. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 11).

BALBINOT JUNIOR, A.A.; FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.; YOKOYAMA, A.H. Contribution of roots and shoots of Brachiaria species to soybean performance in succession. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 8, p. 592-598, 2017.

BASSOI, M. C.; RIEDE, C. R.; CAMPOS, L. A. C.; FOLONI, J. S. S.; NASCIMENTO JÚNIOR, A. **Cultivares de trigo e triticale**: Embrapa e Iapar. Londrina: Embrapa Soja, 2014. (Comunicado Técnico, 96).

BERGAMASCHI, H. Temperatura do ar. In: BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J.I. **As plantas e o clima: princípios e aplicações**. Guaíba: Agrolivros, 2017. 137-185 p.

BITTENCOURT, H. V. H.; LOVATO, P. E.; COMIN, J. J.; LANA, M. A.; ALTIERI, M. A. Produtividade de feijão-guará e efeito supressivo de culturas de cobertura de inverno em espontâneas de verão. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 4, p. 689-694, 2009.

BOUWMAN, A. F.; BEUSEN A. H. W.; GRIFFIOEN, J.; VAN GROENIGEN, J. W.; HEFTING, M. M.; OENEMA, O.; VAN PUJENBROEK. P. J. T. M.; SEITZINGER, S.; SLOMP, C. P.; STEHFEST, E. Global trends and uncertainties in terrestrial denitrification and N<sub>2</sub>O emissions. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 368, n. 1621, p. 1-11, 2013.

BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. **Gestão de custos e formação de preços**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CALDARELLI, C. E; BACCHI, M. R. P. Fatores de influência no preço do milho no Brasil. **Nova Economia**, v. 22, n. 1, p. 141-164, 2012.

CARDOSO, R. A.; BENTO, A. S.; MORESKI, H. M.; GASPAROTTO, F. Influência da adubação verde nas propriedades físicas e biológicas do solo e na produtividade da cultura de soja. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 35, n. 2, p. 51-60, 2014.

CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; ALVES, B. M.; BURIN, C.; DOS SANTOS G. O.; FACCO G.; NEU I. M. M. Relações lineares entre caracteres de aveia preta. **Ciência Rural**, v. 45, n. 6, p. 985-992, 2015.

CASTRO, G. S. A.; CALONEGO, J. C.; CRUSCIOL, C. A. C. Propriedades físicas do solo em sistemas de rotação de culturas conforme o uso de corretivos da acidez. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 12, p. 1690-1698, 2011.

CESB - Comitê Estratégico Soja Brasil. **Desafio de máxima produtividade de soja – 2017**. Disponível em: <<http://www.cesbrasil.org.br>>. Acesso em: 19 abr. 2019.

COELHO, A. E.; SANGOI, L.; CASA, R. T.; KUNESKI H. F.; PANISON, F.; LEOLATO, L. S.; DURLI, M. M.; BERGHETTI, J. Sanidade de híbridos de milho em função da época de semeadura, doses de N em áreas com e sem rotação de culturas. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n. 2, p. 101-113, 2019.

COLAVITE, A.; MASSOQUIM, N.; GONÇALVES, M. Paisagem e produção agrícola regional: uma análise a partir de mapas temático da Mesorregião Centro Ocidental Paranaense, Sul do Brasil. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, v. 1, n. 14, p. 135- 158, 2018.

CORREIA, N. M.; LEITE, M. B.; FUZITA, W. E. Consórcio de milho com *Urochloa ruziziensis* e os efeitos na cultura da soja em rotação. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 1, p. 65-76, 2013.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Safra 2019/2020 – 5º levantamento**, n. 5, v. 7. Brasília: CONAB, 2020. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos>>. Acesso em: 04 de fev. 2020.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos:** Safra 2014/15 – 11º levantamento, n. 11, v. 2. Brasília: CONAB, 2015. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 04 de fev. 2020.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos:** Safra 2017/2018 – 10º levantamento, v. 10. Brasília: CONAB, 2018a. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 04 de jul. 2019.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos.** Safra 2012/2013 – 4º levantamento, v. 1. Brasília: CONAB, 2013. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 01 de jul. 2019.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para a agropecuária:** Safra 2017/2018, v. 6. Brasília: CONAB, 2018b. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/perspectivas-para-a-agropecuaria>>. Acesso em: 04 jul. de 2019.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **A cultura do trigo.** Brasília: CONAB, 2017.

CONAB – Companhia Nacional De Abastecimento. **Indicadores da agropecuária:** ano 19, n. 11. Brasília: CONAB, 2010. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/precos/revista-indicadores-da-agropecuaria>>. Acesso em: 02 de ago. 2019.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET A. D.; MOREIRA, J. A. A. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 56-63, 2012.

DANTAS, K. P.; MONTEIRO, M. S. Valoração econômica dos efeitos internos da erosão: impactos da produção de soja no cerrado piauiense. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 48, n. 4, p. 619-633, 2011.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; CONTE, O. **Diversificação de espécies vegetais como fundamento para a sustentabilidade da cultura da soja.** Londrina: Embrapa Soja, 2015. (Documentos, 366).

DERAL – Departamento de Economia Rural do Paraná. **Produção agrícola por município.** Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/deral/ProducaoAnual>>. Acesso em: 05 dez. 2019.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT:** Food and agriculture data. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/>>. Acesso em: 10 nov. 2019.

FAVARATO, L. F.; SOUZA, J. L.; GALVÃO, J. C. C.; SOUZA, C. M.; GUARCONI, R. C.; BALBINO, J. M. S. Crescimento e produtividade do milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema plantio direto orgânico, **Bragantia**, v. 75, n. 4, p. 497-506, 2016.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Desempenho da soja em consequência de manejo de pastagem, época de dessecação e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 12, p. 1131-1138, 2015.

FRANCHINI, J.C.; COSTA, J.M.; DEBIASI, H. Rotação de culturas: prática que confere maior sustentabilidade a produção agrícola no Paraná. **Informações Agronômicas**, n. 134, p. 1-13, 2011.

FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; TONON, B. C.; FARIAS, J. R. B.; OLIVEIRA, M. C. N. DE ; TORRES, E. Evolution of crop yields in different tillage and cropping systems over two decades in southern Brazil. **Field Crops Research**, v. 137, p. 178-185, 2012.

FRANCO C. Fatores produtivos e inter-relações na produção da cultura da soja em Mato Grosso. **Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. 3, n. 38, p. 193-216, 2017.

GASQUES, J. G. Sources of growth in Brazilian agriculture: Total factor productivity. **EuroChoices**, v. 16, n. 1, p. 24-25, 2017.

GAVA, R.; SNYDER, R. L.; FRIZZONE, J. A.; KULN, I. E.; COTRIM, M. F.; PIATI, G. L. Maize second season irrigated by enter pivot in sandy soil. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 2, p. 2554-2560, 2018.

GAZZONI, D. L. **A sustentabilidade da soja no contexto do agronegócio brasileiro e mundial**. Londrina: Embrapa Soja, 2013. (Documentos, 344).

GONÇALVES, E. N.; QUADROS, F. L. F. Características morfogênicas de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) sob pastejo em sistemas intensivos de utilização. **Ciência Rural**, v. 33, n. 6, p. 1129-1134, 2003.

GONZÁLES, J. U.; UNDURRAGA, P.; HIRZEL, J.; MARTÍNEZ G., I. Economic evaluation of a crop rotation portfolio for irrigated farms in central Chile. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 73, n. 3, p. 243-249, 2013.

HIRAKURI M. H.; DEBIASI H.; PROCÓPIO S. O.; FRANCHINI J. C.; CASTRO C. **Sistemas de produção: conceitos e definições no contexto agrícola**. Londrina: Embrapa Soja, 2012. (Documentos, 335)

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. v. 30, n. 1. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão Territorial Brasileira – DTB**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/divisao-regional>>. Acesso em: 16 jan 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Agrícola Municipal – PAM**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 10 nov. 2019.

JAT, R. K.; SAPKOTA, T. B.; SINGH, R. G.; JAT, M. L.; KUMAR, M. Seven years of conservation agriculture in a rice-wheat rotation of Eastern Gangetic Plains of South Asia: Yield trends and economic profitability. **Field Crops Research**, v. 164, p. 199-210, 2014.

JUHÁSZ, A. C. P.; PÁDUA, G. P.; WRUCK, D. S. M.; FAVORETO, L.; RIBEIRO, N. R. Desafios fitossanitários para a produção de soja. **Informe Agropecuário**, v. 34, n. 276, p. 66-75, 2013.

KAY, R. D.; EDWARDS, W. M.; DUFFY, P. A. **Gestão de propriedades rurais**. 7ª ed. Porto alegre: AMGH, 2014.

KELESKI, A.; GALAN, G. L.; NETO, A. M. DE O.; KRENSKI, A. Análise da viabilidade econômica da cultura da soja na região de Campo Mourão/PR, safra 2013/14. **Campo Digital**, v. 13, n. 1, p. 9-18, 2018.

LIVINGSTON, M.; FERNANDEZ-CORNEJO, J.; FRISVOLD, G. B. Economic returns to herbicide resistance management in the short and long run: The role of neighbor effects. **Weed Science**, v. 64, n. S1, p. 595-608, 2016.

LIZARAZU, W. Z; MONTI, A. Energy crops in rotation. **Biomassa and Bioenergy**, v. 35, n. 1, p. 12-25, 2011.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; BEUTLER, S. J.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C.; Densidade e fertilidade do solo sob sistemas de plantio direto e de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 55, n. 4, p. 260-268, 2012.

ME – Ministério da Economia. **Comex Vis**: visualizações de comércio exterior. Disponível em : <<http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/comex-vis>> Acessado em: 18 jan 2020.

MELLO, D. A.; ESPERANCINI, M. S. T. Avaliação econômica do cultivo da soja em rotação e sucessão de culturas: resultados a partir de estudo de caso no município de Ourinhos/SP, na safra 2012/13. **Energia na Agricultura**, v. 30, n. 3, p. 280-288, 2015.

MICHELON, C. J.; JUNGES, E.; CASALI, C. A.; PELLEGRINI, J. B. R.; ROSA NETO, L.; OLIVEIRA, Z. B.; OLIVEIRA, M. B. Atributos do solo e produtividade do milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de inverno. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, p. 230-239, 2019.

MÜNCH, T.; BERG, M.; MIRSCHEL, W.; WIELAND, R.; NENDEL, C. Considering cost accountancy items in crop production simulations under climate change. **European Journal of Agronomy**, v. 52, p. 57-68, 2014.

NASCENTE, A. S.; SILVEIRA, P. M.; WANDER, A. E. Viabilidade agro-econômica de rotação de culturas e manejo do solo em áreas irrigadas por aspersão. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 57, n. 1, p. 72-79, 2014.

NASCENTE, A. S.; LI, Y. C.; CRUSCIOL, C. A. C. Cover crops and no-till effects on physical fractions of soil organic matter. **Soil and Tillage Research**, v. 130, p. 52-57, 2013.

NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. S.; PINTO, L. F. D. **Atlas climático do estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2019.

NÓIA JÚNIOR, R. S.; SENTELHAS, P. C. Soybean-maize succession in Brazil: Impacts of sowing dates on climate variability, yields and economic profitability. **European Journal of Agronomy**, v. 103, p. 140-151, 2019.

OLIVEIRA, D.; BORROZZINO, E. Sazonalidade das tendências de temperatura do ar e precipitação pluvial no estado do Paraná. **Agrometeoros**, v. 26, n. 1, p. 139-144, 2018.

PINOTTI, E. B. **Avaliação de cultivares de milho em função de populações de plantas e épocas de semeadura**. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2013. 134p.

REDIN, M.; RECOUS, S.; AITA, C.; DIETRICH, G.; SKOLAUDE, A. C.; LUDKE, W. H.; SCHMATZ, R.; GIACOMINI, S. J. How the chemical composition and heterogeneity of crop residue mixtures decomposing at the soil surface affect C and N mineralization. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 78, p. 65-75, 2014.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; BIANCHIN, V. Controle de doenças de plantas pela rotação de culturas. **Summa Phytopathol**, v. 37, n. 3, p. 85-91, 2011.

REIS, J. G. M.; VENDRAMETTO, O.; NAAS, I. D. A.; COSTABILE, L. T.; MACHADO, S. T. Avaliação das estratégias de comercialização do milho em MS, aplicando o Analytic Hierarchy Process (AHP). **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 54, n. 1, p.131-146, 2016.

REZENDE, J. D. S., OLIVEIRA NETO O. J.; SILVA K. A. Volatilidade e transmissão dos preços internacionais do trigo para os preços domésticos do trigo e derivados no Brasil. **Future Studies Research Journal**, v. 10, n. 1, p. 132-159, 2018.

RICHETTI, A. Viabilidade econômica da sucessão consórcio milho-braquiária/soja/milho safrinha. In: Gessi Ceccon. (Org.). **Consórcio milho-braquiária**. 1ª ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013, 175 p.

ROCHA, B. G. R.; AMARO H. T. R.; PORTO E. M. V.; GONÇALVES, C. C.; DAVID A. M. S. S.; LOPES, E. B. Sistema de semeadura cruzada na cultura da soja: avanços e perspectivas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 376-384, 2018.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL™ para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 1, n. 6, p.133-137, 1998.

SANS, L. M. A.; GUIMARÃES, D. P. **Zoneamento agrícola: cultivo do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 8ª ed. out. 2012. Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_8\\_ed/zoneamento.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/zoneamento.htm)>. Acesso em: 10 ago. 2019.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBREAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; PIRES, J.; LAMPERT, E. A.; VARGAS, A. M.; VERDI, A. C. Grain yield and agronomic traits in soybean according to crop rotation systems. **Bragantia**, v. 73, n. 3, p. 263-273, 2014.

SANTOS, H.P. ; FONTANELI, R.S. ; CAIERÃO, E. ; DREON, G. ; LAMPERT, E.A. Sistemas de manejo e rotação de culturas no rendimento de grãos e nas características agrônômicas de trigo. **Agrária**, v. 7, p. 478-484, 2012.

SCHNITZLER F. **Desempenho da cultura da soja sob diferentes plantas de coberturas do solo**, 2017. 34p. (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação) – Departamento de Estudos Agrários da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Unijuí, Ijuí, 2017.

SHIOGA, P. S.; GERAGE, A. C.; ARAÚJO, P. M. de; BIANCO, R. **Avaliação Estadual de cultivares de milho segunda safra 2012**. 1ª ed. Londrina: IAPAR, 2012. 114p. (Boletim Técnico 78).

SILVA, E. R.; OLIVEIRA, J. N.; RUBIO, C. P.; LYRA, G. A.; STEINER, F. Épocas de semeadura do trigo para a região Centro-sul Mato-grossense. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 1, p. 23-27, 2018.

SOLOGUREN, L. Demanda mundial cresce e Brasil tem espaço para expandir produção. **Revista Visão Agrícola**, n. 13, p. 8-11, 2015.

SOUZA, A. E.; REIS, J. G. M.; RAYMUNDO, J. C.; PINTO, R. S. Estudo da produção do milho no Brasil: regiões produtoras, exportação e perspectivas. **South American Development Society Journal**, v. 04, n. 11, p. 182-194, 2018.

SOUZA, C. D.; PIRES, F. R.; PARTELLI, F. L.; ASSIS, R. D. **Adubação verde e rotação de culturas**. Viçosa: UFV, 2012.

SOUZA JUNIOR, W. D.; BALDISSERA, J. F.; BERTOLINI, G. R. F. Análise de opções reais aplicada na diversificação da produção rural no estado do Paraná. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 2, p. 253-269, 2019.

STAŠOVÁ, L. H.; BAJUS, R. Costs of growing wheat and oilseed rape in Slovakia and other V4 countries. **Slovak Journal of Food Sciences**, v. 11, n. 1, p. 685–695, 2017.

TELLES, T. S.; DECHEN, S. C. F.; SOUZA, L. G. A.; GUIMARAES, M. F. Valuation and assessment of soil erosion costs. **Scientia Agrícola**, v. 70, n. 3, p. 209-216, 2013.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v. 1, n. 38, p. 55-94, 1948.

ZANON, A.J.; STRECK, N.A.; GRASSINI, P. Climate and management factors influence soybean yield potential in a subtropical environment. **Agronomy Journal**, v. 108, n. 4, p. 1447-1454, 2016.