

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS

Diana Luisa Barichello

**AGRICULTURA 5.0:**  
INOVAÇÕES, TRAJETÓRIA DA AGRICULTURA BRASILEIRA E OS DESAFIOS  
CLIMÁTICOS

Santa Maria, RS  
2023

Diana Luisa Barichello

**AGRICULTURA 5.0:**  
INOVAÇÕES, TRAJETÓRIA DA AGRICULTURA BRASILEIRA E OS DESAFIOS  
CLIMÁTICOS

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

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Sibeles Vasconcelos de Oliveira

Santa Maria, RS

2023

**Diana Luisa Barichello**

**AGRICULTURA 5.0:**  
INOVAÇÕES, TRAJETÓRIA DA AGRICULTURA BRASILEIRA E OS DESAFIOS  
CLIMÁTICOS

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Ciências Econômicas, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Bacharel em Ciências Econômicas**.

Aprovada em 17 de outubro de 2023.

---

**Sibele Vasconcelos de Oliveira, Dr.<sup>a</sup> (UFSM) (Presidente/Orientadora)**

---

**Alexandre Troian, Dr. (UFSM)**

---

**Júlio Eduardo Rohenkohl, Dr. (UFSM)**

Santa Maria, RS

2023

## **AGRADECIMENTOS**

Obrigada a minha família por todo apoio sempre, vocês são essenciais para que tudo isso seja possível. Aos meus pais por todo suporte, dedicação e ensinamentos que proporcionam para minha evolução.

Um agradecimento especial à minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Sibeles Vasconcellos de Oliveira, pela confiança e por todo esforço e ajuda na construção deste trabalho. Pelas palavras positivas e motivadoras ao longo do processo, sua orientação foi essencial para que este trabalho fosse possível.

À Universidade Federal de Santa Maria pela oportunidade de construir minha formação acadêmica, a qual tornou possível meu desenvolvimento profissional e pessoal. Agradeço também, a todo corpo docente do Curso de Graduação em Ciências Econômicas, que contribuíram ao longo da minha trajetória.

Por fim, obrigada aos meus amigos pelo incentivo, pelos conselhos e principalmente pela amizade compartilhada.

## RESUMO

### **AGRICULTURA 5.0: INOVAÇÕES, TRAJETÓRIA DA AGRICULTURA BRASILEIRA E OS DESAFIOS CLIMÁTICOS**

AUTORA: Diana Luisa Barichello  
ORIENTADORA: Sibeles Vasconcelos de Oliveira

A agricultura brasileira está em constante transformação, de forma a apresentar melhorias técnicas e maior rentabilidade face à incorporação das inovações tecnológicas nos sistemas produtivos. Com a iminência de pandemias globais, as quais têm afetado o cotidiano das pessoas e das produções, a agricultura 5.0 apresenta-se como alternativa produtiva, com vistas a ser uma forma de mitigar os efeitos das mudanças climáticas através do uso da inteligência artificial, da robótica, impressão 3D e 4D, biologia sintética e agricultura vertical. Assim, o objetivo deste trabalho é compreender o processo de adoção e uso de ferramentas de inteligência artificial no âmbito da agricultura 5.0, no Brasil. O presente estudo propõe a realização de uma análise descritiva através de pesquisa bibliográfica, baseando-se na abordagem qualitativa. Nesse sentido, cabe observar que a incorporação técnica é evidente nos empreendimentos rurais. Por exemplo, em 1970 o Brasil registrava 165.870 tratores já em 2017, passou para 1.229.907 unidades. Evidencia-se nesta análise, que o uso de tecnologias na agricultura pode contribuir para mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, especialmente ao viabilizar o aumento da produtividade e da eficiência produtiva das propriedades rurais. A geração de modelos e simulações associadas ao potencial de uso das terras, análises e projeções em dinâmica agrícola, zoneamentos agroecológicos e ecológico-econômicos e a avaliação de risco e resiliência climática, são exemplos de aplicações tecnológicas no campo com alto potencial de economia e racionalização do uso de recursos naturais/agrícolas.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento agrícola. Recursos naturais. Inteligência artificial.

## **ABSTRACT**

### **AGRICULTURE 5.0: INNOVATIONS, TRAJECTORY OF BRASILIAN AGRICULTURE AND CLIMATE CHALLENGES**

**AUTHOR:** Diana Luisa Barichello  
**ADVISOR:** Sibele Vasconcelos de Oliveira

Brazilian agriculture is in constant transformation, in order to present technical improvements and greater profitability due to the incorporation of technological innovations in production systems. With the imminence of global pandemics, which have affected the daily lives of people and production, agriculture 5.0 presents itself as a productive alternative, with a view to being a way of mitigating the effects of climate change through the use of artificial intelligence, robotics, 3D and 4D printing, synthetic biology and vertical farming. Therefore, the objective of this work is to understand the process of adoption and use of artificial intelligence tools within the scope of agriculture 5.0, in Brazil. The present study proposes to carry out a descriptive analysis through bibliographical research, based on a qualitative approach. In this sense, it is worth noting that technical incorporation is evident in rural enterprises. For example, in 1970 Brazil registered 165,870 tractors, in 2017 it increased to 1,229,907 units. It is evident from this analysis that the use of technologies in agriculture can contribute to mitigating the effects of climate change, especially by enabling increased productivity and productive efficiency of rural properties. The generation of models and simulations associated with land use potential, analyzes and projections in agricultural dynamics, agroecological and ecological-economic zoning and risk and climate resilience assessments are examples of technological applications in the field with high potential for savings and rationalization the use of natural/agricultural resources.

**Keywords:** Agricultural development. Natural resources. Artificial intelligence.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Ranking Mundial de Produção .....	26
FIGURA 2 – Fases da evolução da agricultura 5.0.....	33
FIGURA 3 – A agricultura digital na cadeia produtiva nas fases de pré-produção, produção e pós-produção.....	35
FIGURA 4 – Escolaridade do produtor.....	39
FIGURA 5 – Tipologias das agriculturas brasileiras.....	40
FIGURA 6 – Número de tratores presentes nos estabelecimentos agropecuários brasileiros.....	42
FIGURA 7 – Irrigação e Plantio direto.....	44
FIGURA 8 – Aeronaves agrícolas no Brasil.....	45
FIGURA 9 – Registros de drones no Brasil.....	47

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Área plantada de commodities nas Macrorregiões do Brasil – mil hectares.....	27
TABELA 2 – Produção Brasileira – produtos selecionados – milhões de toneladas..	29
TABELA 3 – Número de estabelecimentos, área dos estabelecimentos e pessoal ocupado em estabelecimentos agropecuários.....	37
TABELA 4 – % dos estabelecimentos agropecuários, % da área dos estabelecimentos agropecuários e % do valor monetário da produção.....	41



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
1.1	OBJETIVOS DA PESQUISA.....	14
1.1.1	<b>Objetivo geral</b> .....	14
1.1.2	<b>Objetivos específicos</b> .....	14
1.2	JUSTIFICATIVA.....	14
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	18
2.1	DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, TECNOLOGIAS E INOVAÇÕES.....	18
2.2	INOVAÇÕES NA AGRICULTURA.....	21
2.3	BREVES REFLEXÕES SOBRE A AGRICULTURA BRASILEIRA.....	25
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	31
<b>4</b>	<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	33
4.1	DA AGRICULTURA 1.0 À AGRICULTURA 5.0.....	33
4.2	DESCRIPTIVOS DA AGRICULTURA BRASILEIRA.....	36
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	51
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	53

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de formação econômica do Brasil foi marcado por muitos desafios. Nos primeiros séculos de história brasileira, o crescimento econômico estava fadado aos baixíssimos níveis de renda per capita. Tal fato se dava devido à natureza do crescimento econômico das sociedades agrárias, que estava limitado pela forte dependência do fator de produção fixo terra e pelo lento progresso técnico (VILLELA, 2012).

Entre 1500 e 1945, o Produto Interno Bruto (PIB) per capita brasileiro cresceu à taxa média de 0,28% ao ano, o que é equivalente ao crescimento médio do PIB per capita mundial no mesmo período analisado, que foi de 0,29% ao ano (VILLELA, 2012). Esse crescimento perdurou desde o Ciclo do Ouro até o final do século XIX. À época, a evolução da economia brasileira era condicionada pelo aumento demográfico, o que garantia o aumento no PIB total. Para Villela (2012), o Brasil se pautava no crescimento extensivo, baseado no uso dos fatores de produção (trabalho e terra). O uso exclusivo desses fatores não traduz aumento no padrão de vida populacional, embora sejam condicionados pelo aumento da sociedade.

Foi só na segunda metade do período Imperial que o país passou a apresentar ritmos de crescimento mais expressivos. Tal processo foi acelerado com a economia cafeeira em expansão no Sudeste e os setores açucareiro e algodoeiro em crise no Nordeste do Império (GREMAUD et al., 2016).

A partir da Primeira República (1889-1930), observou-se também a expansão ferroviária e os primeiros investimentos na industrialização. Nesta época inicia a transição de um regime de crescimento extensivo para um regime de crescimento intensivo, que seria moderno com ganhos de eficiência, ou seja, aumento da produção por unidade de trabalho e terra (VILLELA, 2012).

Sob os reflexos da Revolução Industrial, o país pode realizar maior acumulação de fatores, a citar o aumento do investimento industrial, ingresso de imigrantes com melhores níveis de instrução, maior entrada de capitais estrangeiros, ampliação da fronteira agrícola, aumentos da renda per capita e do padrão de vida (GREMAUD et al., 2016; VILLELA, 2012).

Contudo, com a Crise de 1930 o setor exportador deixa de ser o foco principal e ocorre o deslocamento do centro dinâmico da economia para o setor interno, o que significa que a determinação do nível de renda da economia brasileira deixou de ser

a demanda externa, passando a ser voltada para a atividade interna, preferencialmente para o consumo e o investimento doméstico (GREMAUD et al., 2016). Assim, nas décadas de 1970 e 1980 o Brasil sofreu um intenso processo de êxodo rural<sup>1</sup>. A mecanização da produção agrícola, juntamente com um conjunto de transformações sociais e econômicas envolvendo o ambiente rural e urbano, expulsou trabalhadores do campo que se deslocaram para as cidades em busca de oportunidades de trabalho (IBGE, 2015a). O deslocamento da população do campo para a cidade continuou ao longo do tempo, porém em percentuais menores. Conforme Cabral (2021a), atualmente apenas 15% da população brasileira vive na zona rural.

Sobretudo, é importante perceber que ao longo dos últimos 50 anos o Brasil saiu da condição de importador de alimentos para se tornar um grande fornecedor para o mundo. Há cinco décadas, o setor conquistou aumentos significativos na produção e na produtividade agrícola, que fizeram com que o país se tornasse um dos principais *players* do agronegócio mundial (EMBRAPA, 2018a).

Em publicação sobre a trajetória da agricultura brasileira, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2018a) esclarece que a emergência dos agronegócios no país foi resultado de múltiplos condicionantes. Próximo da década de 1970, o governo instituiu políticas específicas para aumentar a produção e a produtividade agrícola, adicionando investimentos públicos em pesquisa e desenvolvimento, extensão rural e crédito farto. Assim deu início ao intenso processo de modernização da agricultura brasileira. Nesse sentido, entre 1975 e 2017, a área plantada dobrou, enquanto a produção de grãos, que girava em torno de 38 milhões de toneladas, foi multiplicada por seis vezes, o que atingiu 236 milhões de toneladas (EMBRAPA, 2018a).

Segundo Conceição et al. (2014), a partir de 1990, o Brasil iniciou um *boom* das exportações de muitos produtos do agronegócio. Já após o ano 2000, o agronegócio brasileiro ganhou participação no mercado internacional de alimentos, graças ao aumento contínuo do volume exportado e nas exportações totais brasileiras, das quais representa 40%.

---

<sup>1</sup> A população brasileira historicamente vivia em sua maioria no campo e produzia seu alimento para sobrevivência. Em 1940 mais de 2/3 da população brasileira vivia na zona rural, atualmente menos de 20% da população vive no campo, evidenciando a ocorrência de uma migração do campo para as cidades e de um forte processo de urbanização pelo qual passou e ainda passa a economia brasileira (GREMAUD et al., 2016).

De acordo com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA, 2023) o agronegócio fechou 2022 com exportações recordes de US\$ 159,1 bilhões, crescimento de 32% em relação a 2021. O setor gerou também o maior superávit registrado na história, de US\$ 141,8 bilhões. A soja em grãos liderou as vendas externas no ano passado, com receita de US\$ 46,6 bilhões, 20,8% a mais que 2021. Em segundo lugar ficou o milho, que teve a maior variação entre os itens exportados (196,6%), chegando a US\$ 12,1 bilhões. Adicionalmente a lista dos cinco primeiros, está a carne bovina in natura (US\$ 11,8 bilhões), farelo de soja (US\$ 10,3 bilhões) e açúcar de cana em bruto (US\$ 9,5 bilhões) (CNA, 2023).

Segundo dados da Palma et al. (2023), as exportações alcançaram US\$ 33 bilhões em março de 2023, valor recorde para toda a série histórica. As importações somaram US\$ 22 bilhões, resultando em um saldo da balança comercial superavitário em US\$ 11 bilhões. Considerando o acumulado até março de 2023, as exportações totalizaram US\$ 76 bilhões e as importações US\$ 60 bilhões, de modo que o saldo da balança comercial foi de US\$ 16 bilhões. Portanto, o país se configura como um dos *players* mundiais em exportações do agronegócio, considerado o celeiro do mundo.

De acordo com Contini et al. (2021), o Brasil alimentou em 2020 cerca de 800 milhões de pessoas pelo mundo, incluindo a população brasileira. Vale ressaltar também que de 2011 a 2020, o Brasil passou a alimentar mais de 259,442 milhões de pessoas.

No ano de 2021, a população ocupada no agronegócio era 18,45 milhões de pessoas, aumento de 5,5% (ou de 958 mil pessoas) frente ao ano anterior, segundo indicam pesquisas realizadas pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA, 2022). Esse recorte transversal tem sido reconhecido como um condutor importante do crescimento econômico. Em 2020, a soma de bens e serviços gerados no agronegócio chegou a R\$ 1,98 trilhões, ou seja, 27% do PIB brasileiro. Em relação aos segmentos, a maior parcela é do ramo agrícola, que corresponde a 70% desse valor (R\$ 1,38 trilhões), segundo dados do CNA (2021).

Haja vista o exposto, é interessante perceber que os estudos sobre inovações tecnológicas na agricultura refletem as mudanças ocorridas ao longo do tempo, que saem do modelo de crescimento extensivo aos elevados níveis de produtividade, seguindo o modelo intensivo. O progresso neste setor pode ser notado pelo crescimento da produtividade total dos fatores de produção, principalmente após a década de 1970 (GASQUES et al., 2010; 2012).

Nesse sentido, entende-se que a agricultura está em constante transformação, buscando o melhoramento da produtividade e aumento da produção. O uso da inteligência artificial e de robôs agrícolas autônomos para atuar na agricultura leva a uma nova fase, que é denominada de agricultura 5.0 (SHEPHERD et al., 2018). Para Oliveira (2022), a agricultura 5.0 é a mais recente geração de modelos de produção agrícola, tendo como principais fatores a análise de solo georreferenciada, pulverização com drones e tecnologias para o plantio, irrigação e fertilização e o mapeamento de áreas por satélite. Seu diferencial está na geração de informações precisas que auxiliam à tomada de decisão, que está atribuída às máquinas, o que proporciona uma maior precisão na produtividade.

Segundo Rodrigues (2023), a agricultura 5.0 tem por objetivo fomentar o uso de tecnologias inovadoras, como a inteligência artificial e robótica, em conjunto com a análise de dados, para maximizar a produtividade agrícola. Em outras palavras, a agricultura 5.0 é a agricultura de precisão, que se baseia em dados e recursos tecnológicos, os quais permitem avaliar e ampliar a produção de alimentos. Não obstante, a agricultura de precisão baseia-se na noção de que os produtores são capazes de identificar a variabilidade dentro de um campo e, então, manejar aquela variabilidade para aumentar a produtividade e os lucros (TSCHIEDEL et al., 2002).

De fato, o uso de tecnologias inovadoras é um diferencial na produção agrícola, porém desafios são enfrentados pelos produtores rurais para que a produção se torne maximizadora e aumente o nível de rentabilidade. Entre esses desafios, destacam-se as mudanças climáticas, que têm impactado significativamente a agricultura e, conseqüentemente, os resultados dos cultivos agrícolas. É mister assumir que o mundo tem passado por muitas transformações em decorrência de fatores adversos. Nesse sentido, segundo dados apresentados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) as atividades humanas, principalmente por meio das emissões de gases de efeito estufa, têm inequivocamente causado o aquecimento global, com a temperatura da superfície global atingindo 1,1°C acima de 1850-1900 em 2011-2020. As emissões globais de gases de efeito estufa continuam a aumentar, decorrentes do uso insustentável da energia, do uso da terra e alterações do uso do solo, estilos de vida e padrões de consumo e produção em todas as regiões, entre e dentro de países, e entre indivíduos (PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 2023).

Diante disso, é necessário entender os impactos das mudanças climáticas e as respostas dadas pelos agentes econômicos aos limites produtivos, ambientais e econômicos por elas impostas. Logo, a seguinte pergunta de pesquisa que norteia esse trabalho: como a agricultura 5.0 pode contribuir para o país no enfrentamento das mudanças climáticas?

## 1.1 OBJETIVOS DA PESQUISA

### 1.1.1 Objetivo Geral

Compreender o processo de adoção e uso de ferramentas de inteligência artificial no âmbito da agricultura 5.0, no Brasil.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar a relação entre as inovações tecnológicas e o desenvolvimento da agricultura.
- Analisar o processo de incorporação de avanços tecnológicos na agricultura brasileira.
- Descrever as ferramentas tecnológicas aplicadas à agricultura brasileira e sua capacidade de superação dos problemas climáticos.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O mundo tem passado por muitas transformações, com a iminência de pandemias globais, as quais têm afetado o cotidiano das pessoas e das produções, especialmente as agrícolas. Alguns exemplos de eventos que o mundo tem enfrentado são os furacões, enchentes e secas. Dessa forma, há necessidade dos setores se adaptarem ao cenário de instabilidade que esses fenômenos têm ocasionado, especialmente a agricultura, que sofre consequências diretas de eventos sócio climáticos.

O Relatório da Comissão do Lancet de 2019 apontou que as pandemias de obesidade, desnutrição e mudanças climáticas são o principal desafio para as pessoas, o ambiente e o planeta na atualidade. Uma sindemia é uma sinergia de pandemias que transcorrem simultaneamente, gerando efeitos uma sobre as outras e compartilham determinantes comuns. As mudanças climáticas estão cada vez mais em iminência de um caminho bastante conturbado e, combinada a isso, a obesidade e desnutrição ameaçam a segurança alimentar mundial, gerando reflexos sobre a produção agrícola (SWINBURN et al., 2019).

De fato, o aquecimento do sistema climático é evidente e, desde a década de 1950, em que o gás de efeito estufa e, por consequência, o aquecimento global são os principais precedentes para as mudanças climáticas. A temperatura da atmosfera e do oceano subiu, as quantidades de gelo e neve diminuíram, as concentrações de gases de efeito estufa aumentaram e o nível do mar subiu. Cada uma das três últimas décadas tem sido sucessivamente mais quente na superfície da Terra do que qualquer década anterior desde 1850 (PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 2013).

Esse cenário ambiental aumentou a probabilidade de ocorrer eventos climáticos extremos, incluindo a frequente ocorrência de ondas de calor e secas em escala global, o que dificulta e impacta o planejamento do plantio nas lavouras e diminui a produtividade agrícola. Logo, a intensificação do aquecimento global pode trazer graves prejuízos para a agricultura brasileira. Segundo dados da Confederação Nacional de Municípios (CNM, 2023), estimativas mostram que o Brasil perdeu R\$ 287 bilhões da sua produção de 2013 até 2023 por causa de secas e excesso de chuvas. A seca é o que mais prejudica, causando 87% dos prejuízos na agropecuária, sendo a agricultura a mais afetada com 65% do total de prejuízos.

Embora, a produção agrícola, segundo o Valor Bruto da Produção (VBP), entre 2013 e 2022, teve um crescimento de 37% no valor da produção de lavouras. Por sua vez, os prejuízos representaram 8,7% do valor bruto da produção agrícola em 2022. Segundo a Confederação Nacional de Municípios (CNM, 2023), a agricultura e a pecuária, em virtude da seca ou do excesso de chuva, respondem por 90% do total de prejuízos sofridos no setor privado do país, o que acaba influenciando na economia brasileira.

Em entrevista concedida ao portal do G1 (2021), Rafael Barbieri, economista sênior do *World Resource Institute* (WRI) Brasil, afirmou que “cerca de 30% da

produtividade dos alimentos é explicada pela variação climática. Os demais 70% são explicados por fertilizantes, insumos, práticas agrícolas e genética”. Ou seja, segundo o especialista, as interferências climáticas respondem por um terço da produtividade. Ainda conforme o especialista, os eventos climáticos extremos são responsáveis por 25% a 35% das oscilações de preços agrícolas.

A discussão sobre os impactos e as repercussões sobre a produção de alimentos e a agricultura é especialmente importante para o Brasil, porque o setor é responsável por 27% do PIB, conforme dados da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA, 2021). Em 2020, segundo Aragão et al. (2020), o Brasil foi o 4º maior produtor agrícola do planeta, com 7,8% do total produzido, estando atrás apenas da China, Estados Unidos e Índia. O país exportou cerca de 123 milhões de toneladas de grãos, representando 19% do total mundial comercializado, atingindo o posto de maior exportador em valor de grãos em 2020 (22,2%). No ranking mundial, por exemplo, o país ocupa o segundo lugar na produção de soja, representando 28,2% do total, volume inferior apenas ao produzido pelos Estados Unidos da América.

Um dos caminhos para o Brasil continuar expandindo a produção agrícola, sem prejudicar o meio ambiente e de forma a mitigar os efeitos das mudanças climáticas, é por meio da introdução racional das inovações tecnológicas no campo. Nesse contexto, a agricultura 5.0 apresenta-se como uma alternativa ao desenvolvimento agrícola sustentável.

De fato, a agricultura 5.0 é baseada fortemente na inteligência artificial, na robótica, na impressão 3D e 4D e na agricultura vertical (MENDES et al., 2020). As diversas tecnologias, como a inteligência artificial, já são imprescindíveis para que os resultados alcançados sejam os mais favoráveis possíveis.

Não obstante, há investimento em recursos para o desenvolvimento tanto de práticas tradicionais de manejo quanto de modernas aplicações agrícolas e novas variedades de cultivos que são mais resilientes à mudança do clima. Dentre os sistemas aplicados no Brasil e as práticas, destacam-se: irrigação inteligente; plantio direto; manejo integrado da fertilidade de solos; captação de água nos sistemas agrícolas; agricultura de precisão; variedades melhoradas (com tolerância ao calor, à seca e outros estresses abióticos); agricultura orgânica; eficiência no uso de nitrogênio; e aprimoramento do manejo integrado na proteção de culturas contra doenças, insetos e ervas daninhas. Todas essas práticas buscam difundir a



importância da sustentabilidade nas cadeias produtivas associadas, como carne, grãos e silvicultura (EMBRAPA, 2018a, p. 94).

Entender como a agricultura impacta o ecossistema é preciso ao pensar nas futuras gerações, como a produção é imprescindível para a vida da sociedade, pois é sua forma de subsistência. É necessário que se compreenda o que o avanço tecnológico causa neste meio e como as mudanças climáticas estão diretamente envolvidas. A discussão sobre essa temática é relevante tanto no caráter social quanto no econômico, pois a agricultura brasileira é um fator essencial para a produção agrícola mundial e no fornecimento de alimentos, a qual abrange milhares de pessoas em todo mundo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, TECNOLOGIAS E INOVAÇÕES

O desenvolvimento econômico é um processo que pode ser percebido pelas condições de vida da população de um país ou região ao longo do tempo. De forma prática, implica no crescimento sustentável da produção, aumento da renda per capita, melhoria da infraestrutura, redução da pobreza, criação de empregos e qualidade de vida da população.

Sobretudo, Schumpeter (1988) descreve o desenvolvimento econômico como uma mudança espontânea e descontinuada dos canais de fluxo, que modifica e desloca para sempre o estado de equilíbrio previamente existente. O desenvolvimento é visto por ele como uma sucessão de mudanças espontâneas e contínuas, sendo o capitalismo um sistema que reflete mudanças e novas combinações, através do avanço tecnológico. Portanto, não passaria por um estado estacionário, em equilíbrio, devido sofrer constantes transformações.

Essas transformações se moldam através das inovações tecnológicas, as quais estão diretamente relacionadas aos avanços tecnológicos, na medida em que a primeira precisa da segunda para pôr em prática ideias inovadoras. Conforme Schumpeter (1988), a inovação tecnológica traduz uma ruptura no sistema econômico, movendo-o do estado de equilíbrio, alterando assim padrões de produção e diferenciando as empresas. Assim representando um papel central na questão do desenvolvimento econômico regional e de um país.

De acordo com Tigre (2014), o desenvolvimento econômico é comumente associado ao padrão de especialização produtiva de cada país. Nesse sentido, o desenvolvimento de novas tecnologias e ativos produtivos é mais importante para o desenvolvimento econômico do que a mera acumulação de reservas de metais preciosos, como propunha o mercantilismo.

Brue et al. (2016), seguindo a lógica schumpeteriana, definem a inovação como as mudanças nos métodos de oferta de mercadorias, por exemplo, a introdução de novos bens ou novos métodos de produção; abertura de novos mercados, conquistando novas fontes de suprimento de matéria-prima ou bens semimanufaturados; ou a reorganização da indústria, como a criação ou quebra de

um monopólio. Portanto, as inovações alteram padrões de produção e, desta forma, diferenciam as empresas entre si. A inovação é muito mais do que invenção, a invenção não será inovação se estiver fadada ao fracasso. Portanto, uma invenção se torna uma inovação somente quando é aplicada a processos industriais, agrícolas ou de serviços.

As inovações tecnológicas podem ocorrer tanto de produtos como de processos produtivos. Segundo Santos (2011), pode-se afirmar que são todas as novidades implantadas no meio em que se está observando. Estas surgem a partir de pesquisa e investimentos, gerando maior eficiência da produção ou dá início a uma nova, ou ainda, aperfeiçoar um produto. Uma inovação de processos é a utilização de métodos de produção novos ou de alguma forma melhorados. Esses métodos podem ser uma mudança de equipamento ou na organização de uma produção, uso de novo conhecimento. Os novos procedimentos podem ter por objetivo produzir ou entregar produtos tecnologicamente novos ou aprimorados, os quais não possam ser produzidos ou entregues com as técnicas convencionais de produção, ou planejar o aumento da produção ou eficiência na entrega de produtos existentes.

Segundo o Manual de Oslo (1997), inovações de processos e produtos abrangem as inserções de processos e produtos com tecnologias novas. Essa tecnologia apenas é apontada como uma implantação se for introduzida no mercado (produto) ou estiver presente no processo de fabricação (processo). Uma empresa inovadora em produto e processo precisa ter implantado produtos ou processos com tecnologias novas ou com substancial melhoria tecnológica durante a análise. Uma tecnologia passa a ser uma inovação quando modifica padrões de produção e ou de processos (mudanças em seus métodos de trabalho ou no uso dos fatores de produção, por exemplo).

De acordo com Engel et al. (2013), o sucesso econômico de um país, região ou localidade passa a depender do poder e da especialização naquilo que possa estabelecer uma vantagem comparativa efetiva e dinâmica a outros países. Segundo ele, a luta para que as indústrias se mantenham competitivas e busquem a inserção produtiva mundial, precisam aumentar os seus esforços para modernizar a sua produtividade. A vantagem comparativa de um país define os setores/produtos nos quais sua inserção no comércio é mais eficiente devido a alocação de seus fatores de produção. Assim sendo, as indústrias procuram estabelecer vantagens em relação aos seus concorrentes. Dessa forma, uma das alternativas seria a introdução de

inovações tecnológicas. Em setores em que a tecnologia está difundida, há vantagens em relação aos custos, como uma mão de obra mais barata, que compensa determinada deficiência tecnológica (ENGEL et al., 2013).

Segundo Engel et al. (2013), as inovações tecnológicas foram/são importantes tanto nas sociedades modernas quanto nas pós-modernas, uma vez que a evolução tecnológica tem sido fundamental para o desenvolvimento econômico e para o progresso humano em diversas áreas. Ao longo da história, as sociedades passaram por diferentes fases caracterizadas pelo uso de diferentes materiais e tecnologias.

Atualmente, diz-se que a sociedade é caracterizada em torno da *Era Digital*. As tecnologias e as mídias dominam espaços importantes e essenciais no atual modelo de sociabilidade que configuram os âmbitos da sociedade, tais como: política, entretenimento, comércio, relacionamentos, serviços, informações e outros mais que estão emergindo. Desde as origens, a tecnologia foi se modificando, passando das atividades agrárias para a industrialização das cidades. Dessa maneira, esse processo mudou a estrutura social de forma tão ampla que foi denominada Revolução. Assim, as transformações ocorridas com o desenvolvimento tecnológico podem ser consideradas uma revolução contemporânea da ascensão digital e da informação. A inovação tecnológica move o foco e amplia um domínio existente, cria um novo campo e, usualmente, resulta em uma nova aplicação à realidade social (BELLUZZO, 2019).

Além disso, as inovações tecnológicas têm tido um impacto significativo no desenvolvimento da humanidade. Elas melhoraram a qualidade de vida das pessoas, proporcionando acesso a informações, serviços de saúde, educação, entretenimento e conexões sociais. Também têm contribuído para a solução de grandes desafios globais, como a busca por energias renováveis, o avanço da medicina e a preservação do meio ambiente.

Algumas mudanças que perpassam o mundo e são consideradas inovações tecnológicas, influenciando diretamente a população, são os aperfeiçoamentos de produtos ou serviços, tornando-os mais atrativos e facilitando os seus desempenhos. Exemplo disso se dá no ramo da agricultura, com o desenvolvimento e emprego de maquinários agrícolas nos cultivos. Assim, a próxima seção dedica-se a explorar as particularidades das inovações na agricultura.

## 2.2 INOVAÇÕES NA AGRICULTURA

Ao longo do tempo o Brasil passou por distintas transformações, que passaram da estagnação aos elevados ganhos de produtividade, com melhorias na área econômica, social e ambiental. Para tanto, o setor agrícola foi fundamental, tanto no financiamento básico como no desenvolvimento socioeconômico do país. Com a introdução da Revolução Verde, após a Segunda Guerra Mundial, os sistemas de produção agrícola passaram por grandes mudanças, a introdução de nova fertilização, correção da acidez do solo, irrigação, uso de agrotóxicos, novas cultivares, mecanização e outras tecnologias (TILMAN et al., 2011).

A partir desta modernização, observam-se mudanças na composição da paisagem e na constituição dos sistemas produtivos brasileiros. Há relevante pontos a serem observados sobre a agricultura, visto uma concentração da produção de grãos, especialmente soja e milho transgênico, que correspondem a um aumento de 4,2% na área plantada no Brasil na safra 2019/20 (MAPA, 2020). Constata-se, portanto, que os efeitos da modernização agrícola geraram ampliação da produção e produtividade, que teve ganho de 0,3% (especialmente de grãos de soja e milho transgênico que tiveram estimativa de produção de 257,8 milhões de toneladas na safra 2019/20 (segundo dados do MAPA, 2020), porém a um custo, social e ambiental bastante elevado. A título de exemplo, segundo dados do MAPBIOMAS ALERTA (2023), no Relatório Anual do Desmatamento no Brasil, foram identificados que somente no ano de 2022 foram desmatados cerca de 2.057.251 hectares, o que representou um aumento de 22,3% da área desmatada.

Há também de ser assinalada as seguintes consequências da modernização da agricultura brasileira: a perda da riqueza de recursos endógenos, inclusive, habilidades próprias e artesanais; efeitos negativos sobre a qualidade e diversidade de alimentos, a concentração fundiária e de riquezas. Houve um aumento generalizado no tamanho das propriedades, principalmente devido a expansão da fronteira agrícola. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, são quase 65% os estabelecimentos com menos de 20 hectares, que possuem apenas 5% da área total dos estabelecimentos brasileiros. Por outro lado, 2,1% dos estabelecimentos com mais de 500 hectares possuem 60% da área (IBGE, 2017).

Segundo Furtado (1983), longe de ser apenas uma atividade econômica, a agricultura constitui a base da organização social e política. Para sua compreensão,

deve-se então incluir na análise o grau de monetização e comercialização do conjunto das atividades econômicas, o sistema de crédito, a repartição da renda, o tamanho da família e a natureza das relações familiares, o grau de urbanização e a forma dos aglomerados urbanos, o grau de mobilidade social e a forma de estruturação do sistema de poder, enfim, tudo que está ligado ao regime de propriedade dos recursos naturais (terra e água) e à forma de apropriação do excedente agrícola.

O crescimento nesse setor tem forte ligação e de forma positiva com os demais setores da economia, com grande participação da agricultura no produto final da industrialização. Ademais, segundo Souza (2012), o crescimento agrícola é mais do que proporcional no resto da economia, por meio do efeito multiplicador. Ocorreram mudanças estruturais ao longo do tempo e a modernização industrial, segundo o autor, encontraria suas origens na contribuição da agricultura no desenvolvimento econômico.

Esse efeito multiplicador se dá pela apropriação dos ganhos do setor primário por parte dos setores secundários e terciários, o qual este comportamento dos produtores foi descrito por Willian W. Cochrane, o qual tinha por objetivo avaliar um modelo que explicasse o processo de crescimento econômico norte-americano e o papel exercido pela agricultura. Assim, definiu três tipos de produtores através do Efeito Treadmill: produtores inovadores (vanguarda): utilizam a tecnologia diminuindo custos de produção e aumento da produtividade, conseguem obter lucros, mesmo que a curto prazo; produtores médios (*averages adopters*): adotam tecnologia como forma de sobrevivência, sendo obrigados a reduzir o seu custo de produção devido os preços dos produtos estarem mais baixos; (*laggards adopters*): não alcançavam a nova tecnologia e assim saíam do mercado devido o custo de produção (QUADROS et al, s.d.).

Conforme Souza (2012), com o aumento na produtividade agrícola ou de produtos primários mais baratos, expande-se o excedente capitalista e os investimentos, elevando a produção industrial e a demanda de mão de obra. Com o desenvolvimento desse segmento, tem-se o aumento das exportações de bens e serviços para escoar a produção excedente e equilibrar a balança de pagamentos.

Sendo assim, observa-se que a tecnologia permite que se consiga desenvolver uma forma de substituição de um fator por outro que é apresentado de forma abundante. Hicks (1932) já trazia esta visão quando abordava a chamada técnica que facilita a substituição de mão de obra por outros insumos, ele chamava de

“economizadoras de mão de obra”. Já as que facilitam a substituição de terra por outros insumos, chamam-se de “economizadores de terra”. Isso, pois essa técnica de alteração pode ser desenvolvida para facilitar a substituição de fatores mais singulares por fatores diferentes.

Com as várias transformações ocorridas e novas tecnologias, o trabalho no campo foi sendo otimizado e menos penoso. A agricultura brasileira está produzindo cada vez mais, o que reduziu drasticamente o preço da alimentação, melhorando a saúde e qualidade de vida da população urbana, liberando seu poder de compra para bens produzidos pela indústria e pelo setor de serviços, conforme estudo da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA, 2021).

Para que uma nova revolução no campo ocorra, é preciso que tecnologias e inovações sejam introduzidas ao meio rural e sejam internalizadas no dia a dia dos agricultores. Há diversas tecnologias já em uso que evidenciam a economia da terra, servindo como ampliadoras da produção através do aumento da produtividade. Exemplo disso é evidenciado pela prática do plantio direto, agricultura de precisão e sistema de integração lavoura-pecuária (VILLAFUERTE et al., 2018). Porém, muitos projetos continuam não obtendo êxito por causa do desconhecimento, por parte dos técnicos e dos agentes de desenvolvimento, do contexto que os agricultores vivenciam e creditam à difusão tecnológica.

O setor agrícola tem se destacado na economia brasileira nas últimas décadas por um aumento significativo de sua produtividade e por sua crescente importância na manutenção da balança comercial do país. Com a modernização da agricultura e o uso mais intensivo de máquinas e insumos, os níveis de produtividade da terra e do trabalho aumentaram, contribuindo também para o crescimento da indústria ligada ao setor (GASQUES et al., 2010).

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2016, p. 1), a Agricultura de Precisão é “um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variação espacial e temporal da unidade produtiva e tem por objetivo à sustentabilidade, o aumento de retorno econômico e à minimização do efeito ao ambiente”. Nesse sentido, essa técnica busca obter um resultado sustentável social, ambiental e econômico, visando a melhora do campo e sua lucratividade, bem como potencializar os resultados ao coletar informações de forma sistemática e contínua de dados meteorológicos para produção de informações de uso agrícola.

Não somente isso, a Agricultura de Precisão abarca a big data, análise de dados, sensores cada vez mais precisos, entre outros que são capazes de fornecer informações sobre a produção. De acordo com Wierzbicki (2023), a Agricultura de Precisão (AP) é uma técnica que permite a aplicação de insumos específicos do local, tais como fertilizantes, condicionadores de solo, agrotóxicos, sementes, água e outros. Ao contabilizar também a variabilidade temporal, a AP permite o uso mais racional de insumos no momento, lugar e dose certos, com potenciais benefícios econômicos e ambientais (WIERZBICKI, 2023).

Um dos principais usos das técnicas de AP visa a identificação da variabilidade espacial da lavoura. As formas mais comuns aplicadas no Brasil são realizadas por meio de amostragem em grade e mapas de produtividade (ou de colheita) obtidos por meio de máquinas. Nessas situações, é preciso um investimento e, na maioria dos casos, os custos não são considerados baixos (BERNARDI et al., 2014).

Schinaider et al. (2017) apontam que, nos próximos anos, para que seja possível promover o desenvolvimento da agricultura nacional de forma mais ampla, será necessário estimular a profissionalização e o empreendedorismo do agricultor. Sem dúvida, o comportamento empreendedor se destaca como uma das principais características que promoveram com que os produtores fossem capazes de perceber as oportunidades e gerar o desenvolvimento da agricultura. Nesse contexto, a capacidade de inovar e empreender criativamente são fatores fundamentais (SCHINAIDER et al., 2017), sendo importante que os produtores disponham de forma crescente dos meios para inserir novas tecnologias, assim como processos inovadores de produção e de gerenciamento de suas propriedades.

Há que se reconhecer e equilibrar os conflitos e a competição entre os objetivos ligados à agricultura com os relacionados a outras áreas. Por exemplo, a produção de alimentos e a produção de biomassa para energia renovável podem competir pelo uso da terra e da água. A automação da agricultura colabora para o trabalho menos penoso, porém pode impactar negativamente o nível de renda via desemprego de uma parcela da mão de obra no meio rural (EMBRAPA, 2018a). Nesse contexto, na Agenda 2030, proposta pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2015), está determinada a proteger o planeta da degradação, através do consumo e da produção sustentáveis, tomando medidas urgentes sobre a mudança climática e da gestão sustentável dos seus recursos naturais, para que possa suportar as necessidades das gerações presentes e futuras.



Ao passo que as inovações tecnológicas também trazem consigo desafios e dilemas éticos, é necessário garantir que essas tecnologias sejam utilizadas de forma responsável e equitativa, evitando desigualdades sociais e impactos negativos. O equilíbrio entre o avanço tecnológico e a preservação dos valores humanos é um desafio que precisa ser enfrentado pela sociedade.

### 2.3 BREVES REFLEXÕES SOBRE A AGRICULTURA BRASILEIRA

O setor agrícola tem passado por modernizações significativas nas últimas décadas, impulsionadas por transformações globais na economia e na sociedade, bem como pelo processo de industrialização dos países. Essas transformações têm contribuído para tornar o setor agrícola brasileiro mais competitivo no mercado internacional, aumentando a sua participação nas exportações e atraindo investimentos para a modernização da infraestrutura agrícola.

A agricultura brasileira tem apresentado intenso aumento da produção e da produtividade. Um exemplo disso é o grande volume das compras chinesas desencadeadas, a partir da década de 2000, que levaram ao chamado *boom* de *commodities*, as quais proporcionaram o crescimento e criação das bases econômicas que motivaram os investimentos necessários. Dessa forma, expandiu-se o rol de produtos cultivados e o número de países para os quais o Brasil exporta alimentos. Nesse sentido, os produtores intensificaram o uso de seus recursos para gerir os seus estabelecimentos com crescentes cuidados administrativos e gerenciais. Ou seja, o sucesso passou a ser cada vez mais dependente da capacidade do produtor de se apropriar das inovações (EMBRAPA, 2018a).

Os dados do agronegócio demonstram a relevância da agricultura no desenvolvimento do país, sendo que de 1975 a 2019 a produção de grãos passou de 38,1 milhões de toneladas para 232,6 milhões de toneladas, equivalente a um aumento de 510% (EMBRAPA, 2020b). Ainda, segundo estudo realizado pela *United States Department of Agriculture* (2020), no ano de 2030, a produção de alimentos no Brasil apresentará a maior taxa de crescimento entre os maiores produtores e consumidores no mundo.

No ranking mundial de produção de grãos entre os anos de 2000 e 2021, o Brasil é o primeiro com produção de 18,5 bilhões de toneladas. Segue em segundo

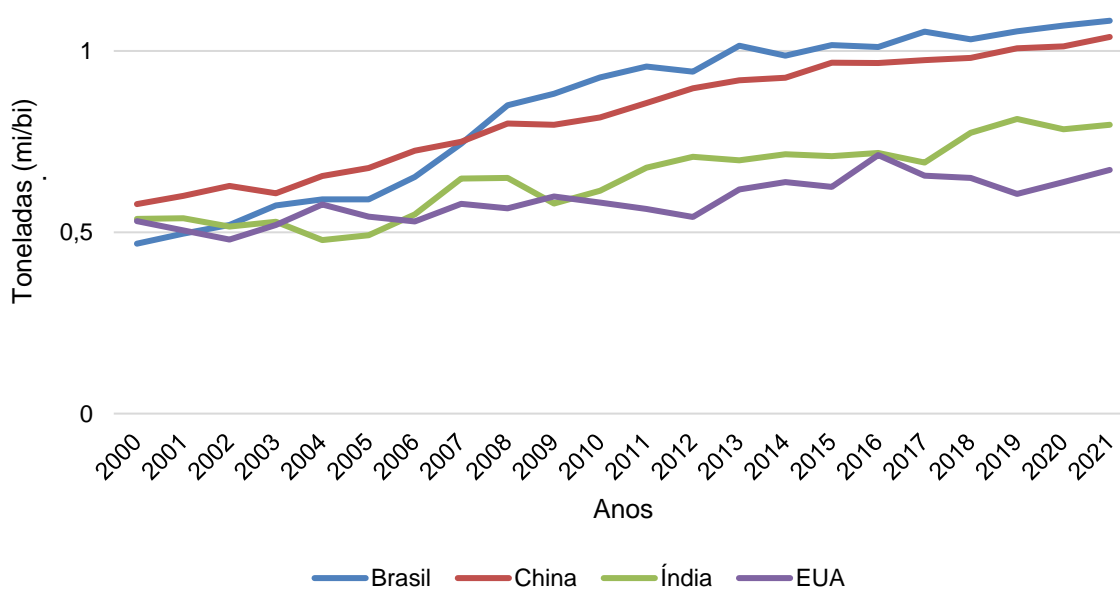
lugar a China com 18,2 bilhões, em terceiro a Índia com 14,2 bilhões e em quarto lugar os Estados Unidos com 12,9 bilhões de toneladas (FAOSTAT, 2021).

Os ganhos crescentes ocorridos na produção, levaram o Brasil a se tornar a partir dos anos 1990, um grande exportador de café, soja, açúcar, algodão, milho e suco de laranja. Pós anos 2000, o Brasil também se tornou um grande exportador de carne bovina (VIEIRA FILHO, 2016).

Atualmente a área plantada das seis principais culturas (algodão, arroz, feijão, milho, soja e trigo) mantém elevada participação: 97,5% da área total em 1979/80, 95,6% na safra 1999/00 e 97,3% na safra de 2019/20. Destas seis, 3 destinam-se exclusivamente à alimentação humana, sendo o milho essencial para a alimentação humana e dos animais (CORECON, 2021). Entretanto, segundo dados do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA, 2023) a soja representa em torno de 60% da área ocupada por grãos e cereais.

Ainda sobre a área total de plantio no país, estima-se 77 milhões de hectares, o que mantém a agricultura brasileira com a tendência de crescimento observada nos últimos anos, também com previsão de recorde. O resultado equivale a um crescimento de 3,3% ou de 2,49 mil hectares sobre a área da safra 2021/22 (CONAB, 2022).

Figura 1 - Ranking Mundial de Produção



Fonte: FAOSTAT (2021).

Na Tabela 1 destacam-se safras e suas respectivas áreas plantadas das cinco regiões do Brasil. Dentre as culturas produzidas, a soja se tornou consolidada nos últimos anos e o produto foi o maior responsável pela aceleração da mecanização nas lavouras, pela expansão da fronteira agrícola, pela modernização dos transportes e pelo incremento do comércio internacional. Contribuiu também, para a modificação da dieta alimentar da população, povoamento do Cerrado e a interiorização da urbanização. Em 2022, essa cultura atingiu estimativa de produção de 119,5 milhões de toneladas, devendo chegar a 145 milhões de toneladas em 2023 (NERY, 2023). A expansão do cultivo da soja no Brasil acompanhou o crescimento da demanda internacional. Atualmente, o complexo soja é o principal item das exportações brasileiras (NERY, 2023).

De acordo com Nery (2023), durante 1970, quando se iniciou o plantio de soja, a produtividade era de pouco mais de 1 mil kg por hectare. Após os avanços proporcionados e novas variedades criadas pela Embrapa, a produtividade média é de 3,6 mil kg por hectare em 2023. A estimativa para 2023 é de quase 300 milhões de toneladas de grãos, com a área expandindo e a produtividade que avança.

Tabela 1 - Área Plantada de Commodities nas Macrorregiões do Brasil – mil hectares

Área Plantada	1976/77	1979/80	1989/90	1999/00	2009/10	2019/2020
Sul	16.901,6	17.909,1	17.008,1	15.036,5	17.501,5	19.666,9
Sudeste	6.746,1	6.444,3	6.508,6	4.909,6	4.750,7	5.795,2
Centro Oeste	4.387,2	5.384,4	6.859,6	9.340,1	15.936,8	27.947,5
Nordeste	8.940,8	9.891,9	7.453,6	6.992,2	7.579,3	8.148,4
Norte	343,2	528,5	1.115,1	1.545,9	1.647,4	3.220,8
Brasil	37.318,9	40.158,2	38.945,0	37.824,3	47.415,7	64.778,8

Fonte: CORECON (2021).

Outras *commodities* agrícolas também produzidas pelo Brasil são o algodão, cuja produção está concentrada em poucos estados, como Bahia e Mato Grosso,

sendo responsáveis por cerca de 90% do total na safra 2019/2020. O estado da Bahia compreende 20% da produção, já o Mato Grosso responde 70% (PEREIRA et al., 2022). A área colhida com algodão em 2019 foi de 1,6 milhões de hectares. A produção de algodão em pluma atingiu 2,78 milhões de toneladas na safra 2018/19, com acréscimo de 39% em relação ao ano anterior, resultante da expansão em área nas mesmas proporções, segundo Zeferino (2020).

A produção de milho é a terceira com maior valor de produção, totalizando R\$ 47,6 bilhões em 2019, com as exportações atingindo números recordes: 42,8 milhões de toneladas, um aumento de 86,2% frente a 2018 (IBGE, 2020b). Em 2020, o Brasil atingiu a terceira posição na produção mundial de milho com 100 milhões de toneladas (8,2% do total), superado apenas pelos Estados Unidos e pela China. Neste mesmo ano, foram exportadas 38 milhões de toneladas de milho, ou seja, 19,8% das exportações totais do produto.

O país é o quarto maior produtor de feijão no mundo, mas não está entre os maiores exportadores, a maior parte da produção é destinada ao consumo interno (GUARALDO, 2021). No entanto, segundo dados do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA, 2023) a produção de feijão diminuiu em torno de 20% nas últimas duas décadas, com consumo de aproximadamente 2,85 milhões de toneladas na safra de 2022/23.

Entre 2000 e 2020, as exportações de carnes brasileiras somaram US\$ 265 bilhões. Porém, referente à carne bovina, em 2020, foi o maior exportador de carnes do mundo, com 2,2 milhões de toneladas e 14,4% do mercado internacional. A carne de frango é considerada importante alimento para o consumo interno e para as exportações brasileiras. O Brasil se tornou em 2020 o maior exportador de carne de aves com 4,3 milhões de toneladas (20,9%), já em carne suína alcançou a terceira posição mundial na produção, com 41 milhões de cabeças (GUARALDO, 2021). Não obstante, o Brasil ocupa a terceira colocação no ranking da produção mundial de frutas e é responsável por 4,6% do volume colhido, com uma produção de 39,9 milhões de toneladas. Com colheitas significativas de laranja, banana, melancia, abacaxi e uva (DERAL, 2020).

A Tabela 2 apresenta algumas das seis principais produções brasileiras e a quantidade produzida em milhões de toneladas.

Tabela 2 - Produção Brasileira – produtos selecionados – milhões de toneladas

Culturas	1976/77	1979/80	1989/90	1999/00	2009/10	2019/2020
Algodão	1.176	1.106	1.229	1.187	1.891	4.278
Arroz	8.993	9.638	7.968	11.423	11.661	10.525
Feijão	2.215	1.895	2.346	3.098	3.098	3.140
Milho	19.256	19.435	22.258	31.641	56.018	100.083
Soja	12.145	14.887	20.101	32.345	68.688	124.205
Trigo	2.066	2.861	3.304	1.658	5.026	5.347

Fonte: CORECON (2021).

As culturas do algodão, arroz, feijão, milho, soja e trigo são as seis maiores, os quais mantêm nestes 40 anos aproximadamente a mesma proporção na produção do país, embora as culturas de soja e milho possuíram a produção e área planta bem acima das outras. As quatro outras (algodão, feijão, arroz e trigo) apesar de terem reduzido de 18,7 para 8,3 milhões de hectares a área plantada, ou seja, em 55,5%, apresentaram aumento na produção de 50,2% passando de 15,5 milhões para 23,3 milhões de toneladas (CORECON, 2021).

Sobre a produção açucareira, o Brasil tem grande colaboração no mercado devido sua origem nas históricas plantações de cana-de-açúcar, as quais atualmente se concentram em maior medida no Centro-Sul do Brasil, sendo considerado o maior produtor de açúcar do mundo, com 1/3 da produção mundial (ARAGÃO et al., 2020).

Em relação aos anos da pandemia de Covid-19, o mercado agrícola brasileiro teve algumas repercussões. Nessa perspectiva, enquanto hortaliças, frutas e leite foram muito afetadas, o mesmo não aconteceu com a safra de grãos ou com a produção de carnes, pois o setor bateu safra recorde de 2020, estimada em 250,8 milhões de toneladas. Os preços estavam em patamares maiores, no mercado interno, principalmente (carnes bovina e suína, milho e soja). Todos apresentaram alta no comércio internacional, além de terem se beneficiado da taxa de câmbio vigente (PEREIRA et al., 2022).

Em suma, o setor agrícola é uma parte fundamental da economia do Brasil e, apesar das contradições internas, tem a capacidade de impulsionar o crescimento econômico, gerando empregos, garantindo a segurança alimentar e contribuindo para a balança comercial. É um setor estratégico que requer investimentos e políticas adequadas para maximizar seu potencial e enfrentar os desafios futuros.

### 3 METODOLOGIA

Segundo Lozada (2018), a metodologia tem um papel fundamental para todas as áreas, já que auxilia na escolha e na concretização das ações de pesquisa. A presente pesquisa propõe a realização de uma análise descritiva, que tem como pauta o estudo das inovações tecnológicas ocorridas na agricultura brasileira, avaliando informações acerca da temática e indicadores estatísticos sobre o setor, abordando como a agricultura pode contribuir para mitigar os efeitos das mudanças climáticas. Para tanto, utiliza-se de métodos de estatística descritiva para organizar, resumir e descrever os aspectos importantes de um conjunto de aspectos observados ou comparar tais aspectos entre dois ou mais conjuntos (REIS et al., 2002).

Também se institui abordagem qualitativa, a qual é definida como um processo sequencial de atividades, que abrange a redução dos dados, a categorização, interpretação e o texto do relatório (GIL, 2002). Nesse sentido, executou-se uma pesquisa bibliográfica, com a finalidade de expandir o nível de conhecimento sobre o tema. Considera-se que a pesquisa, quanto aos seus objetivos, é exploratória. Segundo Gil (2002), esse tipo de pesquisa tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema e caracteriza por ajudar no aprimoramento de ideias e na constituição de hipóteses, envolvendo levantamento bibliográfico, entrevistas e análise de exemplos. Assim, inicialmente, buscou-se artigos a respeito da temática nas bases de dados Scielo, Google Acadêmico, sites e livros. Uma vez definida as bases de dados, determinou-se o algoritmo de busca, foram utilizadas a expressão agricultura, agricultura 5.0, inovações tecnológicas na agricultura, mudanças climáticas e desenvolvimento econômico.

A maior parte dos dados estatísticos avaliados é proveniente dos Censos Agropecuários que, conforme definição dada pelo IBGE (2017c), tem o propósito de apresentar a realidade brasileira agrícola, corroborando suas correlações com atores, contextos, formas e instrumentos de ação. Dessa forma, a pesquisa desenvolvida pelo IBGE busca identificar e captar a dinâmica dos meios produtivos e do uso da terra, o grau de especialização, a variabilidade nas relações de ocupação e trabalho e tecnificação de mão de obra, o crescente interesse sobre o patrimônio ambiental e todas as alterações ocorridas ao longo do tempo.

Destaca-se que os dados avaliados são de séries temporais dos anos de 1970, 1975, 1980, 1985, 1995, 2006 e 2017. Assim, é analisada a evolução do número de

estabelecimentos, área dos estabelecimentos, pessoal ocupado em estabelecimentos agropecuários, número de tratores no Brasil. No Censo Agropecuário de 2017, os dados analisados foram a escolaridade do produtor e o uso da irrigação e plantio direto. Em relação à agricultura familiar, ocorreu um comparativo entre os dois últimos Censos, de 2006 e 2017. Também, ocorreu uma comparação entre a porcentagem do número de estabelecimentos agropecuários, área dos estabelecimentos agropecuários e o valor monetário da produção, em relação ao ano de 2017.

Ademais, outra fonte importante de dados coletados é o Sindicato Nacional das Empresas de Aviação Agrícola (SINDAG), o qual tem por finalidade proporcionar o desenvolvimento da agricultura em todas suas áreas, através da aplicação de fertilizantes, agrotóxicos, sementes, combate a pragas, povoamento de águas, combate a incêndios em campos e florestas ou outro uso que vier a ser recomendado, além da responsabilidade com a preservação do meio ambiente e saúde da população (SINDAG, 2023). Neste, são avaliados o número de aeronaves agrícolas para uso da agricultura e o número de drones.

Por fim, utilizou-se dados da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), a qual exerce funções de regulação, fiscalização e supervisão do setor, que se rege de acordo com o disposto no direito internacional e europeu, na Lei-Quadro das entidades reguladoras, nos presentes estatutos e nas demais legislações setoriais aplicáveis (ANAC, 2022). Em síntese, foram avaliados o número de registros de drones em 2023.

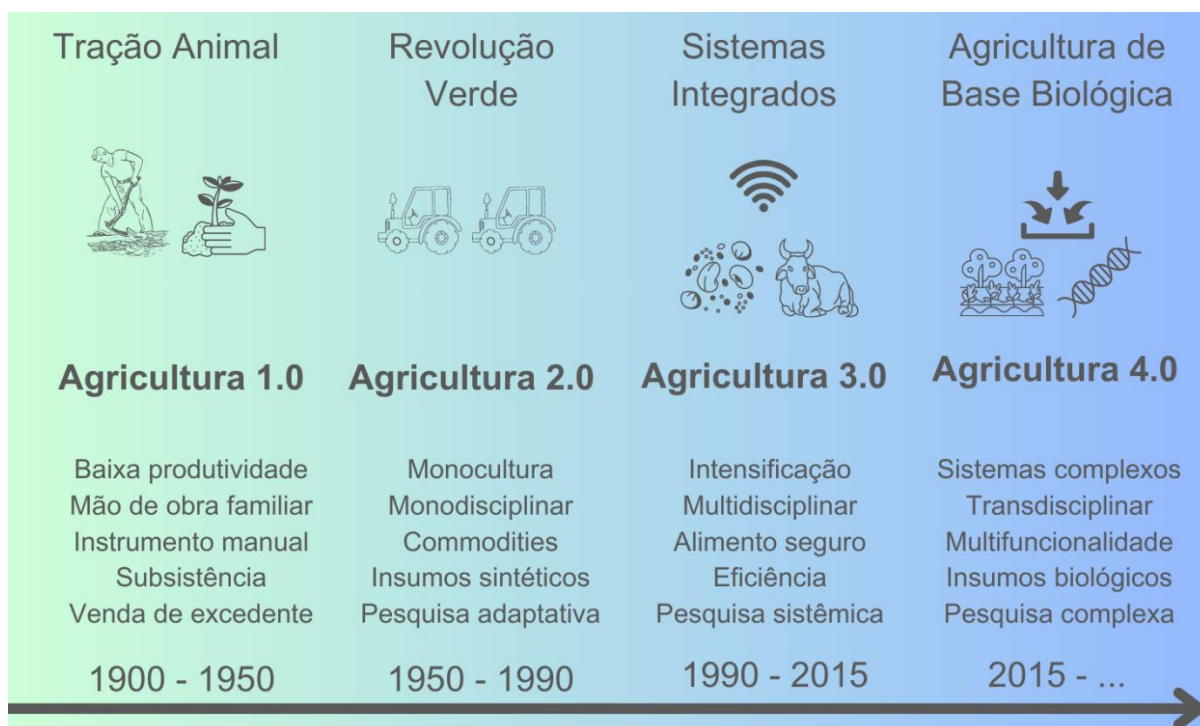


## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1. DA AGRICULTURA 1.0 À AGRICULTURA 5.0

Ao longo dos dois últimos séculos a agricultura passou por diversas transformações, podendo seu desenvolvimento ser classificado em fases. Inicialmente, pode-se caracterizar a fase conhecida como 1.0, sucedida pelas fases 2.0, 3.0, 4.0 e 5.0. A Figura 2 ilustra as principais particularidades de cada uma das citadas fases. Seu desenvolvimento foi do uso exclusivo braçal à inserção da tecnologia com utilização de maquinário, de forma que a agricultura de precisão passou a realizar o uso de técnicas avançadas de *softwares* chegando à fase atual, da agricultura digital.

Figura 2 - Fases da evolução da agricultura 5.0



Fonte: Embrapa (2020).

A literatura relacionada a temática indica que até o início do século XX, anteriormente à Segunda Guerra Mundial, a agricultura brasileira se apresentava na sua fase 1.0, com métodos tradicionais e práticas rudimentares. A agricultura 1.0 era baseada na força de trabalho manual, fornecida pelas famílias de agricultores, e contava com o uso de instrumentos manuais e tração animal para auxiliar no trabalho

pesado. Desta forma, era uma agricultura com baixa produção. Os agricultores além de produzirem para consumo próprio, ofereciam o excedente de alimentos para a sociedade. Com a Revolução Industrial e o crescimento da população urbana, houve uma mudança significativa na agricultura, com a demanda por alimentos aumentando consideravelmente. Isso exigiu a modernização dos métodos agrícolas para aumentar a eficiência na produção e atender à crescente necessidade por alimentos (MASSRUHÁ et al., 2020).

A fase subsequente ao início da agricultura se caracterizou pela agricultura 2.0, marcada pela Revolução Verde, em que se intensificou o uso tecnológico, com máquinas, fertilizantes e variedades melhoradas. Introduziu-se boas práticas de gestão agrônômica e novos insumos, como agrotóxicos e fertilizantes químicos (QUEIROZ et al., 2021). Segundo a Embrapa (2018a), por volta de 1950 e 1960, menos de 2% das propriedades rurais contavam com máquinas agrícolas. A população do campo sofria com escassez de tecnologia e de informação. Isso resultava no baixo rendimento por hectare e pouca produção. A expansão da agricultura exigia que extensas áreas naturais fossem convertidas em pastagens e lavouras, o que causou severos impactos ambientais como erosão e assoreamento, devido às práticas inadequadas. Mas as fazendas não produziam o suficiente para atender à demanda interna e essa ineficiência no campo gerava problemas em todo o país. Não obstante, o Brasil vivia um momento de forte industrialização, com cidades em crescimento, aumento da população e maior poder aquisitivo (EMBRAPA, 2018a).

Nesse sentido, as tecnologias evoluíram significativamente em relação à época, com máquinas e implementos para aumentar a produtividade das atividades do campo, dando início a Agricultura de Precisão junto a agricultura 3.0. Nesta fase, há o desenvolvimento do sistema *Global Positioning System* (GPS), que é utilizado até hoje pelos produtores para o gerenciamento do plantio, principalmente. Já a Agricultura de Precisão é um conjunto de técnicas que permitem fazer o manejo localizado nos cultivos, prevendo a otimização dos insumos da produção, utilizando técnicas que buscam o melhor rendimento da cultura, seguindo alguns aspectos como localização, fertilidade do solo, entre outros fatores (OLIVEIRA et al., 2020).

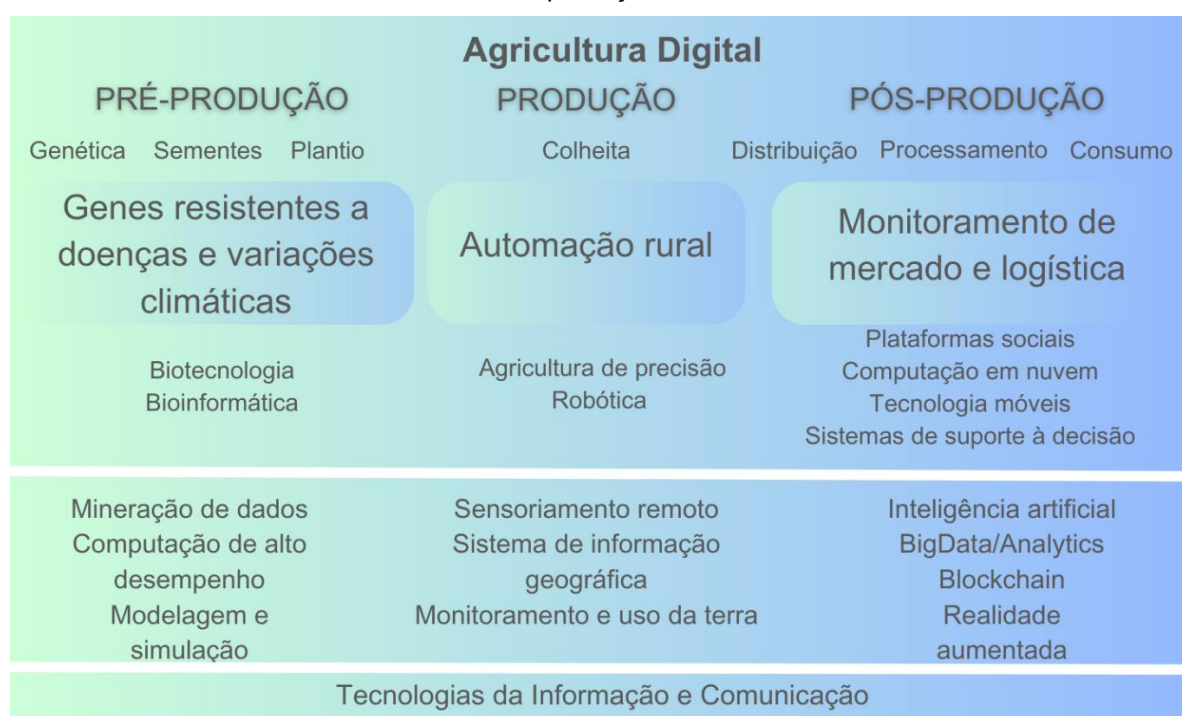
Paralelamente a essas novas demandas da agricultura, surge a transformação digital, levando a uma nova revolução tecnológica, a agricultura 4.0. Essa fase desperta crescente interesse político, econômico e ambiental, pois utiliza técnicas como edição genômica de safras, monitoramento por satélite de variáveis

meteorológicas, *softwares* de gestão agrícola, sensores de controle de pesticidas e irrigação, mapeamento digitalizado de índices de fertilidade, umidade, temperatura e condições físico-geo-químicas do solo (VIOLA et al., 2022).

No Brasil, somente 28% dos produtores declararam ter acesso à internet (1.430.156 produtores) e mais de 70% das propriedades rurais não possuem conexão (3,64 milhões de propriedades) (SORDI et al., 2021). Além da falta de conectividade e das limitações de *hardware*, outro fator estrutural que ainda limita a captura de valor das soluções de agricultura inteligente é a falta de dados e, assim, com a carência de dados o sistema fica subutilizado e seus benefícios potenciais não são totalmente incorporados pelos produtores rurais.

Dada toda evolução histórica da agricultura e o uso de inteligência artificial e de robôs agrícolas autônomos, encara-se a continuação da fase 4.0, que é a agricultura 5.0. Ela tem por objetivo utilizar tecnologias de ponta para aumentar a eficiência, a produtividade e a sustentabilidade do setor agrícola. Essa nova fase busca não apenas a automação e digitalização dos processos agrícolas, mas também a integração maior entre a agricultura e outras áreas, como a indústria, a tecnologia da informação e a biologia (FURTADO et al., 2023).

Figura 3 - A agricultura digital na cadeia produtiva nas fases de pré-produção, produção e pós-produção



Fonte: Embrapa (2020).

De acordo com Queiroz et al. (2021), a otimização do sistema produtivo com base em informações obtidas e analisadas com as ferramentas utilizadas na agricultura digital objetiva utilizar racionalmente os insumos de produção, o que pode levar a redução dos custos de produção e/ou um aumento de produtividade, resultando em maior lucratividade para o agricultor. Essa otimização permite, ainda, reduzir os impactos ambientais no sistema produtivo agrícola, com a racionalização de uso de insumos químicos e a redução de emissão de poluentes por motores de combustão interna.

Segundo Bassoi et al. (2019), o processo de produção atual integra conhecimentos agronômicos, bases de dados agrícolas (Big Data), tecnologias inovadoras de sensores, satélites, veículos aéreos não tripulados, máquinas e robôs autônomos, *softwares* e plataformas em nuvens, os quais estão gerando mudanças no campo, sinalizam para redução de mão de obra.

#### 4.2 DESCRITIVOS DA AGRICULTURA BRASILEIRA

A presente seção dedica-se a avaliar algumas informações estatísticas que nos permitem descrever faces da agricultura brasileira e suas transformações ao longo do tempo. Na Tabela 3 são apresentados dados referentes ao número de estabelecimentos, área dos estabelecimentos e pessoal ocupado em estabelecimentos agropecuários, nos anos de Censo Agropecuário do IBGE, compreendendo o período de 1970 a 2017.

No ano de 1970 eram 4.924.019 milhões de estabelecimentos agrícolas, já em 2017 esse número chegou a 5.073.324. Embora não tenha sido um processo contínuo, ocorreu um aumento de 149.305 mil unidades de propriedades, porém de 2006 para 2017 houve uma sutil queda, devido a mudanças na metodologia utilizada pelo IBGE<sup>2</sup>. Esse resultado se justifica devido a expansão da fronteira agrícola brasileira nas quatro últimas décadas, através da incorporação do bioma do Cerrado na produção e pela aproximação dos limites da região amazônica. Esta movimentação

---

<sup>2</sup> Estabelecimento agropecuário formado por área não contínua: as áreas não contínuas, exploradas por um mesmo produtor, foram consideradas como um único estabelecimento, desde que estivessem situadas no mesmo município (assim há uma tendência de reduzir o número total de estabelecimentos considerando as mesmas condições do censo anterior) (IBGE, 2023d).

trouxe, por um lado, uma preocupação com relação à sustentabilidade ambiental, mas, por outro, sinalizou uma dinâmica de expansão e diversificação produtiva.

Tabela 3 - Número de estabelecimentos, área dos estabelecimentos e pessoal ocupado em estabelecimentos agropecuários

Ano	Número de estabelecimentos agropecuários (unidades)	Área dos estabelecimentos agropecuários (hectares)	Pessoal ocupado em estabelecimentos agropecuários (Pessoas)
1970	4.924.019	294.145.466	17.582.089
1975	4.993.252	323.896.082	20.345.692
1980	5.159.851	364.854.421	21.163.735
1985	5.801.809	374.924.929	23.394.919
1995	4.859.865	353.611.246	17.930.890
2006	5.175.636	333.680.037	16.568.205
2017	5.073.324	351.289.816	15.105.125

Fonte: IBGE (2023).

Segundo Mesquita (2018), um determinante exógeno para expansão da fronteira agrícola brasileira se deu a partir de meados de 1990 com o aumento da demanda mundial por *commodities*. Esse *boom* iniciado no final de 1990 marca a ascensão sistemática de novas áreas agricultáveis, da produção e das exportações dos agronegócios brasileiros, que avançam durante toda a primeira década do século XXI. Já o determinante endógeno tem a atuação governamental, com seus instrumentos fiscais e cambiais, que induzem novos investimentos na agricultura, particularmente nas novas fronteiras agrícolas do Cerrado e da Amazônia (MESQUITA, 2018).

Em relação à área dos estabelecimentos agrícolas, houve suba crescente entre os anos analisados, registrando 294.145.466 milhões de hectares em 1970, para 351.289.816 milhões em 2017. Um dos fatores para tal crescimento é a tecnologia, a qual teve influência no desenvolvimento de economias de escala, pois os instrumentos

de cultivo e manejo modernizados proporcionaram um alto nível de produtividade, influenciando a expansão de novas áreas agricultáveis. Segundo Bezerra et al. (2017), houve esse aumento para expansão das culturas cuja principal finalidade é a exportação.

Vale ressaltar que o Brasil é o país que apresenta uma das maiores produções agrícolas do mundo, não somente em volume, mas também em produtividade. A área plantada de grãos brasileira cresceu 42% nos últimos 30 anos, ao passo que a produção teve crescimento de 228%. Nesta mesma lógica, a área plantada cresceu 17 milhões de hectares e a produção aumentou em 133 milhões de toneladas, gerando um ganho de produtividade de 3,2% ao ano (REIS et al., 2020).

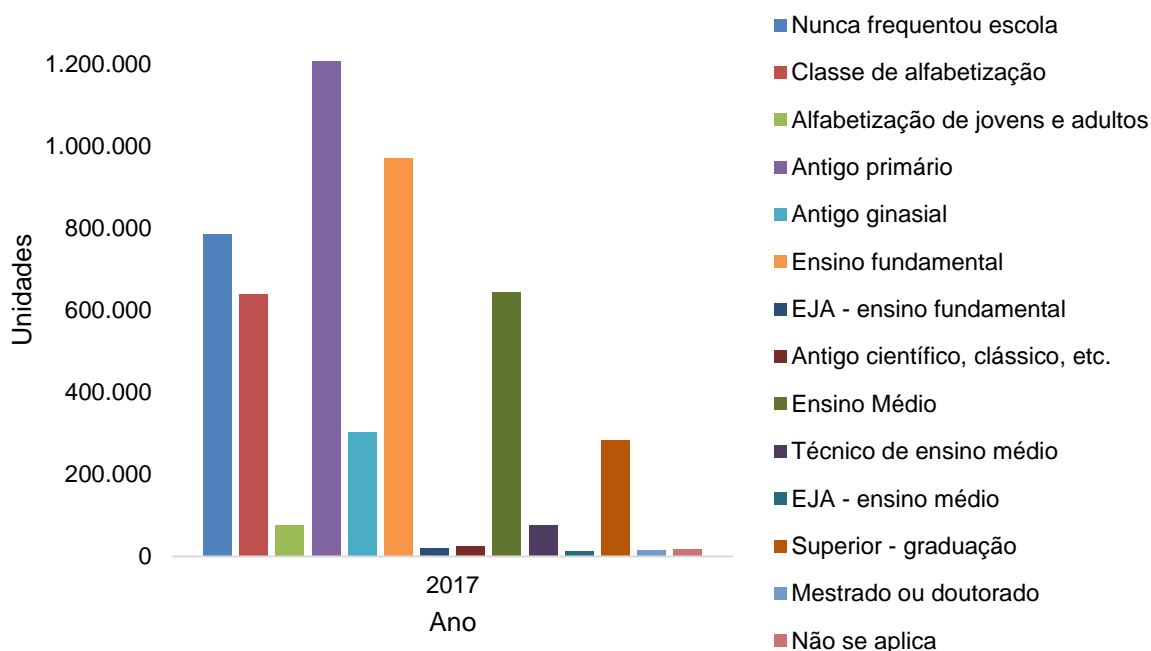
O pessoal ocupado no setor foi o que sofreu maiores alterações durante o período analisado. Em 1970 foi registrado o número de 17.582.089 de pessoas, já em 1985 este índice alcançou a marca de 23.394.919 e finalizou em 2017 com diminuição para 15.105.125. Ao longo dos anos, a tecnologia veio substituindo a mão de obra, de forma a inserir implementos agrícolas nas propriedades. Desde o século XIX, o surgimento das máquinas e implementos para a agricultura possibilitou ganhos de produtividade agrícola e do trabalho no campo, mudando obstinadamente a trajetória das técnicas de trabalho aplicadas a produção e elevando a oferta de produtos agrícolas pelo mundo. De outra forma, este processo diminuiu a necessidade de envolvimento de mão de obra na produção agrícola (VIAN et al., 2013).

A Figura 4 indica a escolaridade do produtor rural brasileiro no ano de 2017. Os dados indicam que o número de agricultores que nunca frequentou escola é aproximadamente de 800.000. Já agricultores com nível instrução classe de alfabetização ou conforme definição do (IBGE, 2018e) “fundamental incompleto” totalizam em torno de 640.000. São 1.300.000 produtores com grau de instrução do antigo primário e o ensino fundamental foi acessado por cerca de 970.000 mil produtores. Finalizam o ensino médio 645.000 produtores. Por fim, em relação aos níveis de escolaridade superior, os números são os mais baixos nesta análise. Um ponto relevante neste estudo é para o nível superior de graduação, sendo em torno de 285.000 mil produtores são graduados.

Verifica-se nesta análise que a escolaridade do produtor é maior nos indicadores de antigo primário e nunca frequentou a escola. Em oposição, os menores índices são no ensino médio e superior. Isso justifica-se pela história da sociedade em que o trabalho era prioridade e, também, pela falta de oportunidades e incentivos ao

estudo. Para Silva et al. (2023), esses dados são uma demonstração da herança de exploração e negação de direitos de cidadania da população do campo.

Figura 4 - Escolaridade do produtor agrícola brasileiro



Fonte: IBGE (2023).

Importante destacar que a educação influencia de várias formas a qualidade de vida das pessoas, pois não só afeta positivamente o nível de renda e produtividade do trabalho, como também uma população com mais educação se torna capaz de participar mais ativamente na vida política e social do país. Um problema grave do sistema educacional brasileiro é justamente a existência de uma enorme desigualdade de oportunidade, a qual é mais grave no meio rural e que impossibilita que a população pobre tenha acesso ao ensino, prioritariamente de nível médio e superior. Isso decorre tanto pela entrada precoce no mercado de trabalho ou por causa da distância das residências em relação às escolas e a dificuldade de transporte (NEY et al., 2009).

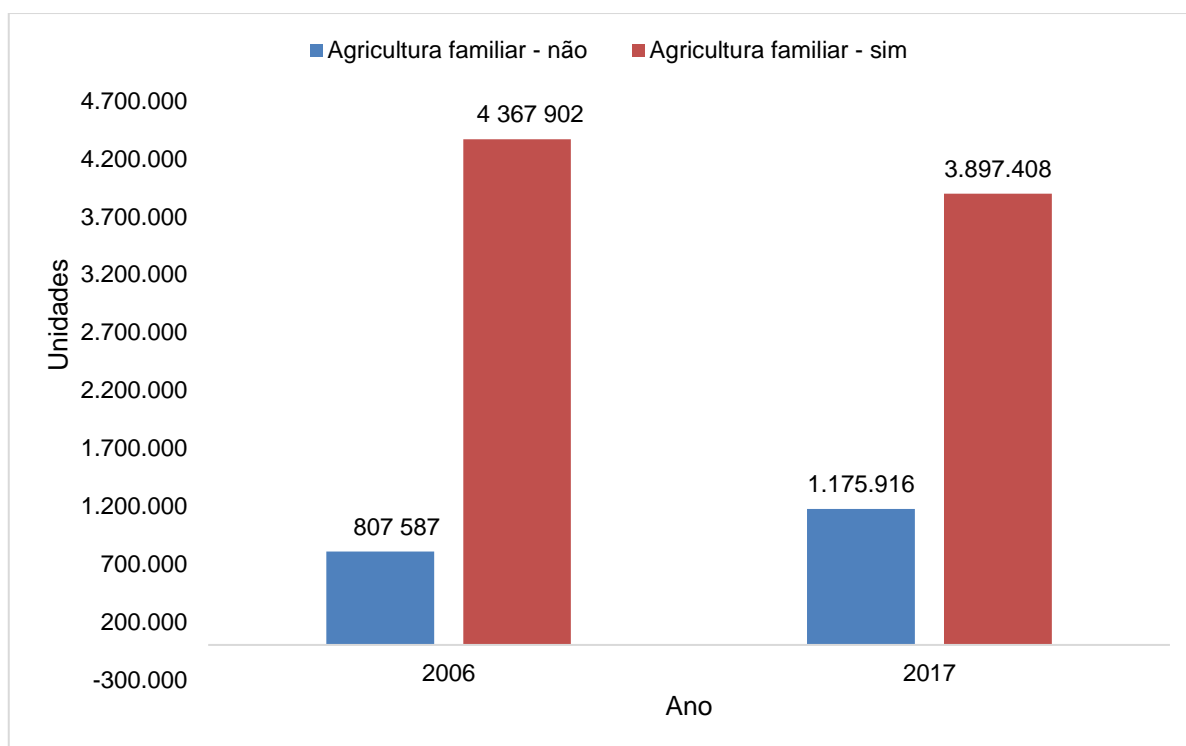
Seguindo as análises, cabe descrever a tipologia das propriedades agrícolas, sendo classificadas entre ser da agricultura familiar ou não (vide Figura 5). Esclarece-se que a agricultura familiar, conforme Decreto n. 9.064 de 31 de maio de 2017 e conceito utilizado pelo IBGE, se configura como:

(...) possuir, a qualquer título, área de até quatro módulos fiscais; utilizar, no mínimo, metade da força de trabalho familiar no processo produtivo e de

geração de renda; ser a gestão do estabelecimento ou do empreendimento estritamente familiar e auferir, no mínimo, metade da renda familiar de atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento” (IBGE, 2020f).

As propriedades gerenciadas pela agricultura familiar são maioria no Brasil em ambos os anos. Em 2006 este índice apontou em torno de 4.400.000 milhões de estabelecimentos, passando a ser aproximadamente 3.900.000 em 2017, sofrendo redução de 9,5% no número de estabelecimentos classificados como de agricultura familiar. Essa diminuição ocorreu<sup>3</sup> por fatores estruturais da organização do trabalho agrícola, um exemplo disso, segundo Cabral (2019b) é a perda de mão de obra. Em contrapartida na agricultura não familiar ocorreu a criação de 702 mil postos de trabalho, a agricultura familiar perdeu 2,2 milhões de trabalhadores. Também, verifica-se o envelhecimento das famílias que iniciaram no campo, ao mesmo tempo em que os filhos optam por outras atividades fora do domicílio agrícola.

Figura 5 – Tipologias das agriculturas brasileiras



Fonte: IBGE (2023).

<sup>3</sup> Produção/criação de empregados/moradores em área do estabelecimento agropecuário: diferentemente do censo de 2006, em 2017 não foi aberto um novo questionário para o empregado que administra sua produção/criação fixada em um estabelecimento que estivesse locado no estabelecimento agropecuário de um do produtor/proprietário (IBGE, 2023d).



Na tabela abaixo, está descrito a relação percentual do número de estabelecimentos agropecuários, área dos estabelecimentos agropecuários e o valor monetário da produção entre a agricultura familiar e não familiar. A agricultura familiar continua representando o maior contingente, em torno de 76,82% dos estabelecimentos agrícolas do país, mas ocupam uma área menor (80,89 milhões de hectares), o equivalente a 23,03% da área agrícola total. Comparando aos grandes estabelecimentos, responsáveis pela produção de *commodities* agrícolas de exportação, como milho e soja, a agricultura familiar responde por um valor de produção muito menor de *commodities* apenas 23,12% ou 107 bilhões do total no país, enquanto a agricultura não familiar corresponde por 76,88% ou 355,9 bilhões (IBGE, 2023).

Tabela 4 - % dos estabelecimentos agropecuários, % da área dos estabelecimentos agropecuários e % do valor monetário da produção

Tipologia	% dos estabelecimentos agropecuários	% da área dos estabelecimentos agropecuários	% do valor monetário da produção
Agricultura familiar	76,82%	23,03%	23,12%
Agricultura não familiar	23,18%	76,97%	76,88%
Total	100%	100%	100%

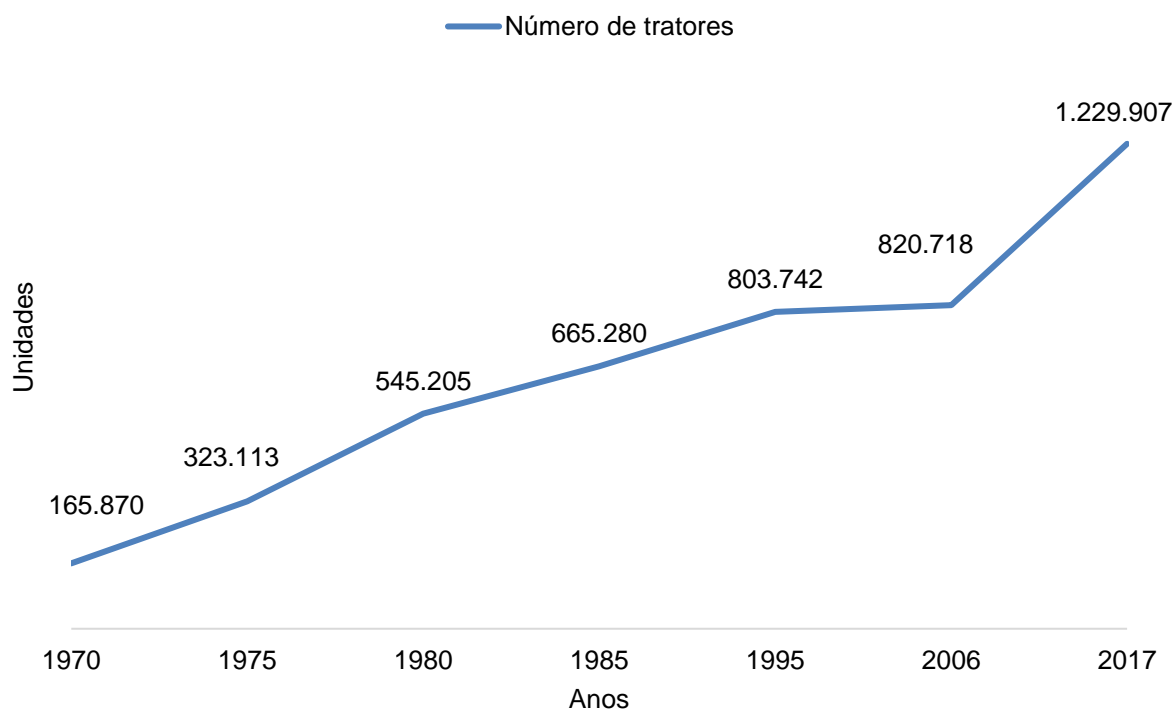
Fonte: IBGE (2023).

Sobretudo, de acordo com Medeiros et al. (2012), a agricultura familiar é responsável por produzir a maioria dos alimentos que os brasileiros consomem diariamente, sendo de suma importância no desenvolvimento social, econômico e ambiental do país. As pequenas propriedades têm uma relevância muito grande no abastecimento alimentar e no fornecimento de matérias-primas industriais. Assim, a diversidade de alimentos produzidos no Brasil é uma característica básica da agricultura familiar.

Discorre-se a seguir sobre a modernização da agricultura, de forma a apresentar o processo de incorporação tecnológica e suas transformações. Ao longo do tempo percebe-se a intensificação do uso de equipamentos e instrumentos de trabalho no campo. Em exemplo, o emprego do trator dentro da propriedade agrícola

é multiuso e a busca otimizada de seu desempenho se justifica, sendo introduzido com o objetivo de substituir a força animal pela mecânica. A Figura 6 apresenta a evolução do número de tratores entre os anos de 1970 e 2017, baseados em dados dos Censos Agropecuários.

Figura 6 - Número de tratores presentes nos estabelecimentos agropecuários brasileiros



Fonte: IBGE (2023)

O número de tratores presentes nas propriedades rurais brasileiras cresceu no período de 1970 a 2017. Em 1970 eram 165.870 e, em 2017, passou para 1.229.907, um aumento de 86,5%. Essa tendência de crescimento faz parte de todas as transformações que a agricultura foi presenciando ao longo das últimas décadas. Esse processo de mecanização trouxe melhor utilização dos insumos e a qualidade destes. Por isso, algumas políticas agrícolas incentivaram o acesso econômico ao equipamento.

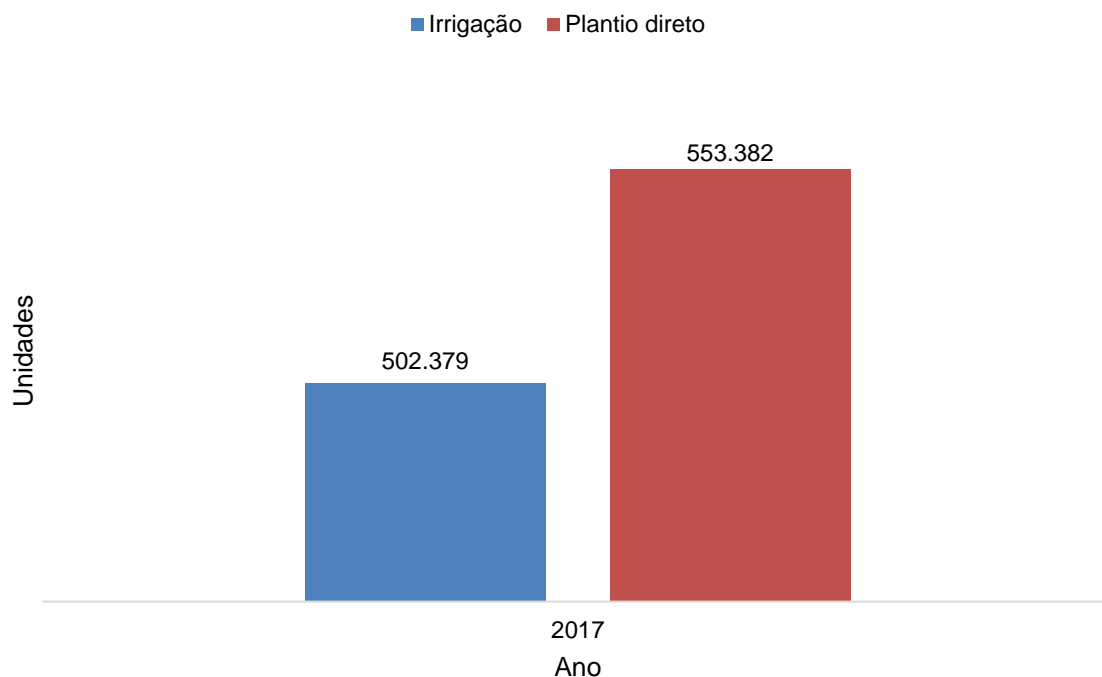
De acordo com Sobral (2010), no ano de 2000, o Governo Federal implantou um programa especial de crédito agrícola voltado para o financiamento da atividade rural. O Programa de Modernização da Frota de Tratores Agrícolas e Implementos Associados e Colheitadeiras (MODERFROTA) aumentou o consumo de tratores de rodas e colheitadeiras, possibilitou a conversão de pastagens em lavouras (expansão

da área cultivada) e o consumo de tratores de maior potência. Ademais, segundo Silva et al. (2019), a partir de 2008, o setor de máquinas agrícolas teve a implementação do programa Mais Alimentos, um incentivo do governo federal destinado à agricultura familiar a partir do fornecimento de linha de crédito rural Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), destinada à modernização da produção agrícola.

Para Andrade Júnior et al. (2017), as principais contribuições para o crescimento da produtividade agrícola no Brasil são decorrentes do desenvolvimento de capacidades dos produtores, de implantação de sistemas de irrigação e de métodos inovadores, de modernização das unidades produtivas, de uso de sementes melhoradas, de racionalização do plantio, de adoção de variedades de melhores respostas e de manejo sustentável dos sistemas de produção (ANDRADE JÚNIOR et al., 2017). Neste sentido, a intensificação da prática da irrigação configura uma opção estratégica de grande alcance para aumentar a oferta de produtos destinados ao mercado interno, consolidar a afirmação comercial do Brasil num mercado internacional altamente competitivo e melhorar os níveis de produção, produtividade, renda e emprego no meio rural e nos setores urbano-industriais que se vinculam, direta ou indiretamente, ao complexo de atividades da agricultura irrigada (LIMA et al., 1999).

Em relação à irrigação nas propriedades agrícolas, no ano de 2017, esse número foi de 502.379. Já o uso do plantio direto nas produções foi maior, alcançando 553.382. Estas duas tecnologias de melhoramento do cultivo agrícola são importantes para o aumento da produtividade, além de garantirem a qualidade das cultivares.

Figura 7 - Irrigação e Plantio direto

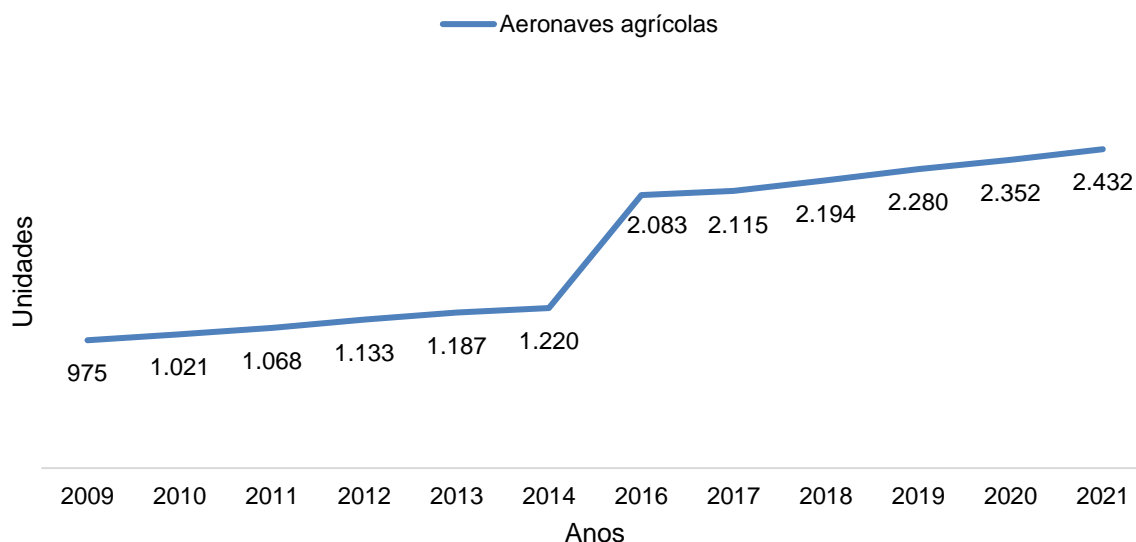


Fonte: IBGE (2023).

Silva et al. (2019) lembram que um novo ciclo da agricultura foi iniciado com o uso do sistema de plantio direto entre os anos de 1970 e 1980, que permitiu a otimização do uso do solo das lavouras brasileiras e estabeleceu uma conexão com a indústria de máquinas e implementos agrícolas para suprir as demandas dos agricultores. Em consequência disso, houve a expansão da fronteira agrícola para o Cerrado (SILVA et al., 2019).

O emprego das aeronaves agrícolas nos cultivos, por sua vez, aumentou significativamente no período analisado de 2009 a 2021. Em 2009 eram 975, passando a 1.220 em 2014. A partir de então ocorreu uma suba expressiva na utilização de aeronaves, alcançando em 2016 o número de 2.032 unidades. Em 2021, finalizou com 2.432 unidades, um aumento de 1.457 veículos no comparativo dos anos. Esse aumento tem por consequência a modernização da agricultura e a introdução de novas tecnologias que maximizam a produção. Dada a importância da agricultura brasileira na economia e da competitividade do mercado internacional de *commodities*, a ascensão do setor agrícola é fundamental para o crescimento da produção e, conseqüentemente, das exportações de produtos da agroindústria (SILVA et al., 2019).

Figura 8 - Aeronaves agrícolas no Brasil



Fonte: SINDAG (2023).

Além do mais, o desenvolvimento de Veículos Aéreos Não-Tripulados (VANT's) vem se firmando como uma escolha importante na agricultura de precisão, visto que o emprego de conhecimentos novos no meio rural auxilia o produtor a detectar estratégias que contribuam para aumentar a eficiência no gerenciamento da agricultura, maximizando a rentabilidade das produções e tornando o agronegócio competitivo (MEDEIROS et al., 2008). Segundo Hackenhaar et al. (2015), embora muito menor do que máquinas agrícolas convencionais, eles podem agir de forma cooperativa e realizar funções como a pulverização com agrotóxicos que apresentam riscos as pessoas. Apesar de proporcionarem uma solução altamente tecnificada e ainda pouco acessível à maioria dos sistemas produtivos da agricultura familiar, a robótica e a tecnologia da agricultura de precisão fortalecem o aumento na produção e no valor energético dos grãos, através de um manejo preciso na aplicação de insumos. Assim, um manejo mais eficiente propicia um rendimento da cultura que tende a alcançar os níveis máximos da capacidade produtiva dos talhões, muitas vezes incrementando a média da produtividade de grãos de duas toneladas e meia por hectare (2,5 t/ha) para até oito (8t/ha) (HACKENHAAR et al., 2015).

Assim, os dados sobre o número de drones na agricultura indicam que eram 3.450 drones no Brasil em 2021, passando em 2022 a 28.260. Houve um crescimento de 24.810 mil unidades no período avaliado (SINDAG, 2023). Conforme Ayamga et al. (2021), os drones podem fornecer imagens em tempo real e dados de sensores de

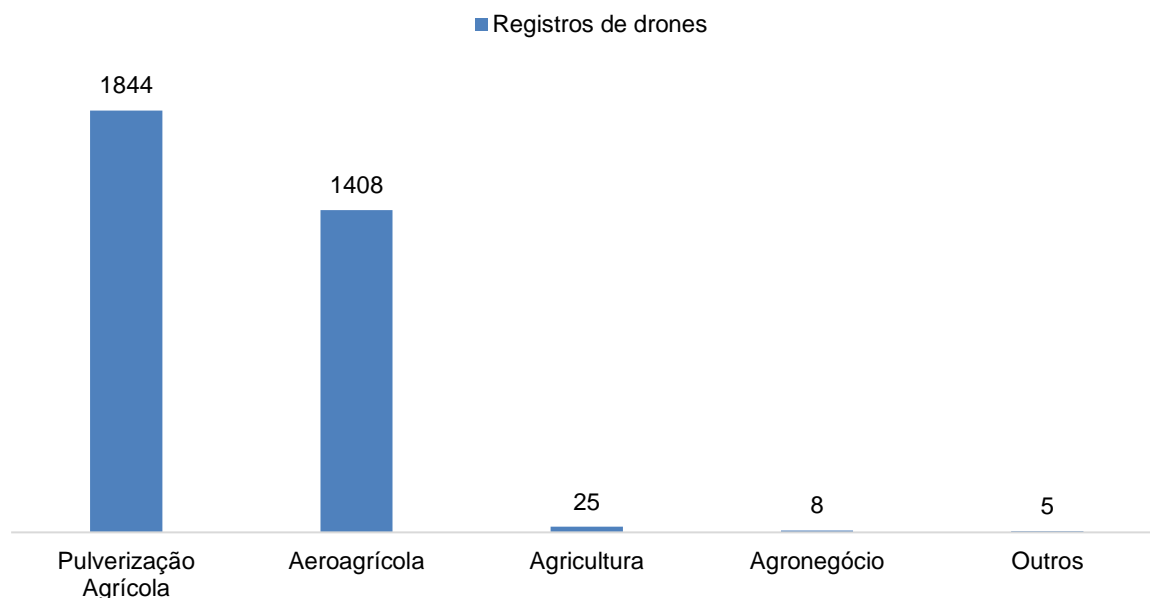
campos agrícolas que não podem ser acessados rapidamente a pé ou por veículo. Eles auxiliam os agricultores a maximizar sua colheita, detectando problemas precocemente e gerenciando as lavouras usando câmeras específicas para detectar pragas e escassez de água.

Cabe ressaltar que o Brasil é um dos pioneiros no uso de drones na agricultura. Através do registro de fotos convencionais, um VANT permite que uma empresa ou agricultor rural façam avaliações visuais da evolução do cultivo, mapeamento de falhas no plantio ou na adubação, identificação de reboleiras, entre outros. Por meio de câmeras e recursos mais avançados, um drone pode substituir aviões ou satélites na produção de fotos georreferenciadas de propriedades rurais e de suas lavouras, permitindo o dimensionamento da proteção permanente e das áreas de reserva legal. Seus dados e imagens permitem ao produtor rural gerar mapas topográficos e modelos para nivelamento e drenagem, localizar plantas daninhas, medir a altura das plantas e condições gerais da lavoura, infestações de pragas e até mesmo detectar deficiências de macronutrientes, como o nitrogênio (SHIRATSUCHI, 2014).

No Brasil, o registro de drones na Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) em 2023 para uso na agricultura totalizou 3.290 unidades. Destes, 1.844 são utilizados para a pulverização agrícola, 1.408 como aeroagrícola, 25 na agricultura em geral, 8 no agronegócio e 5 para outras finalidades. O número maior na pulverização agrícola é resultado da substituição de maquinário mais manual para uma forma mais tecnológica e que maximiza o tempo de aplicação dos insumos nas lavouras.

Destaca-se que a pulverização agrícola robotizada desempenha um papel de extrema importância tanto no setor econômico como social no mundo. Ele propicia pulverização com precisão, realizando em tempo real a coleta de informações de posição, incidência de doenças e pragas, transmitindo-as a um atomizador e pulverizador que regula a necessidade de maior ou menor quantidade de agrotóxicos. Esta tecnologia proporciona a diminuição do desperdício, melhora as condições de trabalho do agricultor, uma vez que não terá contato com produtos altamente tóxicos que poderão levá-lo a problemas de saúde (HACKENHAAR et al., 2015).

Figura 9 - Registros de drones no Brasil



Fonte: ANAC (2023).

Face aos desafios da agricultura diante das mudanças climáticas, infere-se que é possível adotar práticas e tecnologias que reduzam suas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e, ao mesmo tempo, aumentem sua capacidade de armazenar carbono. A transição para uma agricultura mais sustentável e a promoção de práticas agrícolas conscientes do clima são essenciais para tentar mitigar o impacto da agricultura nas mudanças climáticas.

Para Echegaray et al. (2014), a inovação tecnológica é tratada como parte importante do processo de adaptação às mudanças climáticas ou mesmo como parte central desse desafio. Mesmo que o desenvolvimento tecnológico não seja suficiente para lidar com o problema, havendo necessidade de trabalhar questões sociais e culturais, a falta de acesso à tecnologia se traduz em uma forte barreira na busca pela adaptação (ECHEGARAY et al., 2014).

Nesse sentido, as tecnologias apresentadas pela agricultura, a partir dos dados analisados, representam a trajetória de expansão e modernização que o campo tem enfrentado, as quais proporcionam significativas melhorias na produção e no impacto ao ecossistema. O aumento da produtividade é uma das formas para minimizar a pressão do consumo de recursos naturais e para preservar de forma sustentável o meio ambiente, extremamente necessário ao fomento do agronegócio brasileiro (VIEIRA FILHO, 2016). Segundo Saccaro Junior et al. (2018), a produção agrícola

cresceu significativamente no tempo, considerando-se que muitas regiões não atingiam a metade da produção do que se observa recentemente. Esse crescimento foi decorrente do aprimoramento das técnicas de cultivo, do melhoramento genético e das práticas de manejo do solo.

Pellegrino et al. (2007) lembram que, historicamente, o Brasil vem se antecipando e assumindo papel de protagonista nas discussões sobre mitigação da mudança do clima. As medidas de mitigação devem se pautar pela análise de mudanças nos sistemas produtivos e substituição, consorciamento e rotação de culturas que levem a processos que promovam a redução da emissão de gases de efeito estufa, adotando ou definindo melhores práticas de manejo (PELLEGRINO et al., 2007).

Apesar dos esforços, contrariamente, a maior parte das emissões de Gases de Efeito Estufa do Brasil provém das mudanças no uso da terra e do desmatamento das florestas naturais, seguida do setor energético e da atividade agropecuária. Por isso, é essencial que haja um esforço de todos os segmentos da agricultura brasileira para adaptar-se às mudanças climáticas, contribuindo para a redução de emissões nas próximas décadas e minimizando as alterações e seus impactos em nível global e nacional (SACCARO JUNIOR et al., 2018).

As Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs) propostas pelo Brasil no Acordo de Paris almejam algumas metas para redução de emissões, assim destaca-se o Plano Nacional para Agricultura de Baixo-Carbono (Plano ABC). Segundo Viola et al. (2022), o plano prioriza: recuperação de pastagens degradadas, integração lavoura-pecuária-floresta e sistemas agroflorestais, plantio direto, fixação biológica de nitrogênio, e aumento da eficiência agrícola. O NDC brasileiro preconiza também a acabar com o desmatamento ilegal. Essas medidas têm por objetivo a redução nas emissões do setor, porém sem prejudicar a produtividade. Assim, é nesse contexto que as Agriculturas 4.0 e 5.0 vem sendo progressivamente aplicadas.

No país operam empresas do ramo que estão interligadas com as inovações e que buscam melhorar o setor agrícola. Dentre elas destaca-se a EMBRAPA, que recomenda algumas técnicas para incrementar a sustentabilidade agrícola. Exemplo disso, o sistema plantio direto (SPD), positivo para o clima na medida que mitiga as emissões de N<sub>2</sub>O, cujo impacto em termos de efeito estufa chega a ser 310 vezes maior que o do CO<sub>2</sub>. Outros métodos abrangem os sistemas agrossilvipastoris e integração entre lavoura e pecuária (ILP), opções para restauração de pastagens



degradadas, aperfeiçoando a produção e as propriedades biológicas, químicas e físicas do solo (VIOLA et al., 2022).

De acordo com Massruhá et al. (2020), as projeções dos impactos das mudanças climáticas, no longo prazo, são de extrema importância na definição de políticas públicas, antevendo as tendências e permitindo o planejamento de ações de adaptação e mitigação. Nesse sentido, observa-se que para tentar mitigar esses efeitos, pode-se destacar a geração de modelos e simulações associadas ao potencial de uso das terras, análises e projeções em dinâmica agrícola, zoneamentos agroecológicos e ecológico-econômicos e a avaliações de risco e resiliência climática (MASSRUHÁ et al., 2020).

Para Massruhá et al. (2020), a resposta aos cenários atuais e futuros de mudanças no clima requer duas abordagens possíveis e necessárias: mitigação e adaptação. A aplicação de melhores práticas agrícolas e o desenvolvimento de variedades mais adaptadas e tolerantes a essa nova realidade no clima são estratégias de adaptação imprescindíveis e urgentes para o aumento sustentável da produção agrícola nas próximas décadas (MASSRUHÁ et al., 2020).

Neste sentido, as tecnologias digitais podem ajudar a resolver essa complexa equação com inúmeras variáveis econômicas, sociais e ambientais em que é preciso produzir alimentos, com qualidade e com menor uso de recursos naturais. A agricultura digital, através do uso da robótica, inteligência artificial e aprendizado de máquina, pode ter seus resultados modificadores transmitidos para o futuro desenvolvimento da agricultura e dos sistemas agroalimentares (KLERKXA, 2020).

Considera-se que a transformação digital da agricultura também pode contribuir para o atendimento das metas da Agenda 2030, que envolve 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Nesse contexto, a transformação digital na agricultura também pode contribuir significativamente para a redução da fome, saúde e bem-estar, emprego digno e crescimento econômico, redução das desigualdades, consumo e produção responsáveis, combate às alterações climáticas, vida sobre a terra, paz, justiça e instituições fortes (MASSRUHÁ et al., 2020).

Segundo Gonçalves (2022), o aumento do uso de conhecimento e de tecnologia pelo setor agropecuário pode ser uma forma de minimizar impactos negativos das mudanças climáticas e intensificar os possíveis efeitos positivos do clima sobre a agricultura brasileira. Não obstante, o avanço da pesquisa deve ser na medida de incorporar os resultados recentes das respostas fisiológicas das culturas

agrícolas ao clima futuro e os novos cenários climáticos projetados. Ademais, os investimentos públicos em pesquisa agropecuária, assim como o desenvolvimento de tecnologia pelo setor privado, devem ser intensificados, em especial no que tange à manutenção dos ganhos de produtividade. Os investimentos em tecnologia têm sido significativos para a competitividade da agricultura brasileira no cenário internacional. Fazem referência, por fim, à necessidade de manutenção dos instrumentos de política pública, como crédito e extensão rural (GONÇALVES, 2022).

## 5 CONCLUSÕES

A agricultura 5.0, apropriada de inovações tecnológicas, pode ser um caminho a mitigar as mudanças climáticas. Para tanto, verifica-se que é preciso tanto direcionar o avanço tecnológico para a adaptação de culturas como estimular políticas públicas que fomentem a adoção de práticas e tecnologias agrícolas sustentáveis. Da mesma forma, são necessários esforços sociais, no sentido de tornar as tecnologias acessíveis aos agricultores, inclusive aos que atuam em estabelecimentos menores e em regiões vulneráveis.

A agricultura mais preditiva e inteligente, com uso da inteligência artificial, contribui para atender às novas demandas de crescimento da produção e de produtividade de maneira sustentável nas três dimensões: econômica, social e ambiental. Nesse sentido, têm a capacidade de promover efeitos mitigadores sobre os resultados que o clima proporciona na produção agrícola.

Os resultados apontam que o aumento da produtividade é crucial para minimizar a pressão do consumo de recursos naturais e para preservar de forma sustentável o meio ambiente, assim reduzindo a emissão dos gases de efeito estufa ao adotar melhores métodos de manejo do solo. Em suma, a soma de fatores entre a geração de modelos e simulações associadas ao potencial de uso das terras, análises e projeções em dinâmica agrícola, zoneamentos agroecológicos e ecológico-econômicos e a avaliações de risco e resiliência climática são técnicas promissoras de combate aos efeitos das mudanças climáticas.

Por fim, é evidente que as tecnologias apresentadas pela agricultura digital representam a trajetória de expansão e modernização do campo. Ao assumir que o Brasil está comprometido na Agenda 2030 da ONU, é importante que sejam avaliados o cumprimento das metas para o desenvolvimento de combate às mudanças climáticas.

Exposto isto, cabe salientar que houve limitações aos resultados auferidos pela presente pesquisa. Em decorrência do recorte temporal analítico, ao período de desenvolvimento do estudo e das ferramentas de pesquisa por meio de filtros, revisou-se apenas parte das publicações da área de estudo deste tema. Assim, sugere-se a utilização de outras bases de dados bibliográficos e estatísticos.

A expectativa para trabalhos futuros é testar de que forma as empresas que promovem a inserção da agricultura digital poderiam ser mais eficientes e o custo de

usar essas tecnologias para mitigar em maior escala as mudanças climáticas. Outros enfoques de análise também são pertinentes, de forma que a agenda de pesquisa é ampla e promissora.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Genérico**. Brasília, DF: ANAC, 2022. Disponível em: <https://www.anac.pt/VPT/GENERICICO/ANAC/QUEMSOMOS/Paginas/QuemSomos.aspx#:~:text=A%20ANAC%20exerce%20fun%C3%A7%C3%B5es%20de,na%20demais%20legisla%C3%A7%C3%A3o%20setorial%20aplic%C3%A1vel>. Acesso em: 11 set. 2023.

ARAGÃO, Adalberto et al. O agro no Brasil e no mundo: uma síntese do período de 2000 a 2020. **Embrapa SIRE**, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/62618376/O+AGRO+NO+BRASIL+E+NO+MUNDO.pdf>. Acesso em: 08 set. 2023.

AYAMGA, Matthew et al. Multifaceted applicability of drones: A review. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 167, p. 120677, June 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120677>. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162521001098>. Access in: Aug. 23, 2023.

BASSOI, Luís Henrique et al. Agricultura de Precisão e Agricultura Digital. **Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**, São Paulo, n. 20, p. 17-36, dez. 2019. DOI: 10.23925/1984-3585.2019i20p17-36. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/teccogs/article/view/48542>. Acesso em: 07 ago. 2023.

BELLUZZO, Regina Celia Baptista. Transformação digital e competência em informação: reflexões sob o enfoque da Agenda 2030 e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. **Revista Conhecimento em Ação**, v. 4, n. 1, p. 3-30, jan/jun. 2019. DOI: <https://doi.org/10.47681/rca.v4i1.26573>. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/rca/article/view/26573/>. Acesso em: 11 ago. 2023.

BERNARDI, Alberto Carlos de Campos et al. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2014.

BEZERRA, Gleicy Jardim et al. Agricultura familiar como geração de renda e desenvolvimento local: uma análise para Dourados, MS, Brasil. **Interações (Campo Grande)**, v. 18, p. 3-15, jan-mar. 2017. DOI: [http://dx.doi.org/10.20435/1984-042X-2016-v.18-n.1\(01\)](http://dx.doi.org/10.20435/1984-042X-2016-v.18-n.1(01)). Disponível em: <https://www.scielo.br/j/inter/a/rbSvyMDjy8vWQq8KPMwXCMd/?format=html>. Acesso em: 23 ago. 2023.

BRUE, Stanley L.; GRANT, Randy R. História do Pensamento Econômico. In: BRUE, Stanley L.; GRANT, Randy R. **Teorias do Crescimento e Desenvolvimento Econômico**. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2016. p. 511. ISBN 9788522126224.

CABRAL, Umberlândia. **Com aumento da mecanização, agropecuária perde 1,5 milhão de trabalhadores**. DF: Agência IBGE Notícias, 2019b. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/25791-com-aumento-da-mecanizacao-agropecuaria-perde-1-5-milhao-de-trabalhadores>. Acesso em: 30 ago. 2023.

CABRAL, Umberlândia. **Perda na qualidade de vida é quase duas vezes maior nas áreas rurais**. DF: Agência IBGE Notícias, 2021a. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/32331-perda-na-qualidade-de-vida-e-quase-duas-vezes-maior-nas-areas-rurais>. Acesso em: 30 ago. 2023.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **Análises trimestrais**. Piracicaba, SP: CEPEA, 2022. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/releases/mercado-de-trabalho-cepea-em-2021-populacao-ocupada-no-agronegocio-atinge-maior-contingente-desde-2016>. Acesso em: 12 jun. 2023.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Produção nacional de grãos é estimada em 312,2 milhões de toneladas na safra 2022/23**. Brasília: CONAB, 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4847-producao-nacional>

de-graos-e-estimada-em-312-2-milhoes-de-toneladas-na-safra-2022-23. Acesso em: 10 jul. 2023.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Exportações do Agro batem recorde em 2022**. Brasília: CNA, 2023. Disponível em: <https://cnabrasil.org.br/noticias/exportacoes-do-agro-batem-recorde-em-2022>. Acesso em: 30 maio 2023.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Panorama do Agro**. Brasília: CNA, 2021. Disponível em: <https://www.cnabrasil.org.br/cna/panorama-do-agro>. Acesso em: 30 maio 2023.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS. **Por conta de desastres naturais, produção agropecuária perdeu R\$ 287 bilhões em 10 anos**. Brasília: CNM, 2023. Disponível em: <https://www.cnm.org.br/comunicacao/noticias/por-conta-de-desastres-naturais-producao-agropecuaria-perdeu-r-287-bilhoes-em-10-anos>. Acesso em: 30 maio 2023.

CONSELHO REGIONAL DE ECONOMIA. **Cadernos de economia**. Brasília: CORECON, 2021. Disponível em: [https://corecondf.org.br/caderno-no-001-2021-agricultura-brasileira-evolucao-nos-ultimos-40-anos/?doing\\_wp\\_cron=1689617822.1695408821105957031250](https://corecondf.org.br/caderno-no-001-2021-agricultura-brasileira-evolucao-nos-ultimos-40-anos/?doing_wp_cron=1689617822.1695408821105957031250). Acesso em: 10 jun. 2023.

CONTINI, Elisio et al. O Agro Brasileiro alimenta 800 milhões de pessoas. **Sistema Agropensa**, Brasília, 2021. Disponível em: <https://agroemdia.com.br/wp-content/uploads/2021/03/Populacao-alimentada-pelo-Brasil.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2023.

DA CONCEIÇÃO, Júnia Cristina Peres R. et al. Agricultura: evolução e importância para a balança comercial brasileira. **Repositório do Conhecimento do IPEA**, Brasília: IPEA, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/3031>. Acesso em: 12 ago. 2023.

DA SILVA, Bruna Antunes et al. Evolução da quantidade de máquinas e implementos agrícolas nas propriedades rurais brasileiras (1960-2017). **Revista Visão: Gestão Organizacional**, v. 8, n. 1, p. 174-188, 2019. DOI: <https://doi.org/10.33362/visao.v8i1.1934>. Disponível em: <https://periodicos.uniarp.edu.br/index.php/visao/article/view/1934>. Acesso em: 28 ago. 2023.

DA SILVA, Roberto Marinho Alves et al. Agricultura familiar e cooperativismo no Brasil: uma caracterização a partir do Censo Agropecuário de 2017. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 61, p. e252661, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.252661>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/3CXmrG4vsSBBDdRkmHYLw4n/>. Acesso em: 23 ago. 2023.

DE ANDRADE JUNIOR, Aderson Soares et al. Agricultura irrigada: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável. *In*: DE ANDRADE JUNIOR, Aderson Soares et al. **Evolução da Irrigação no Brasil e no Mundo**. Brasília, DF: INOVAGRI, 2017. p. 109-129. ISBN 978-85-67668-10-9.

DE QUEIROZ, Daniel Marçal et al. **Agricultura digital**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021.

DE SOUZA, Nali de Jesus. **Desenvolvimento Econômico**. 6. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2012.

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL. Fruticultura. **Análise de Conjuntura**, Paraná: DERAL, 2020. Disponível em: [https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-01/fruticultura\\_2020.pdf](https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-01/fruticultura_2020.pdf). Acesso em: 12 jul. 2023.

DOS SANTOS, Adriana B. A. et al. Inovação: um estudo sobre a evolução do conceito de Schumpeter. **Caderno de Administração**, v. 5, n. 1, 2011. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/caadm/article/view/9014>. Acesso em: 15 jul. 2023.



ECHEGARAY, Fabián et al. Respostas às mudanças climáticas: inovação tecnológica ou mudança de comportamento individual?. **Estudos avançados**, v. 28, p. 155-174, dez. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142014000300010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/Spg3PfgpQbDkDpTjN8FFZVR/?lang=pt>. Acesso em: 01 set. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **VII Plano Diretor da Embrapa 2020-2023**. Brasília, 2020b. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/217274/1/VII-PDE-2020.pdf>. Acesso em: 13 set. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **VISÃO 2030: O Futuro da Agricultura Brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2018a. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030+o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829>. Acesso em: 31 jul. 2023.

ENGEL, Vonja et al. A inovação tecnológica no contexto do desenvolvimento regional endógeno. **VI Seminário Internacional sobre Desenvolvimento Regional**. p. 7, 2013. Disponível em: <https://www.unisc.br/site/sidr/2013/Textos/302.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2023.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Production Indices**. Washington D.C.: FAOSTAT, 2021. Available in: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QI>. Access in: Aug. 30, 2023.

FURTADO, Celso. **Teoria e Política do Desenvolvimento Econômico**. São Paulo: Abril Cultural, 1983.

FURTADO, Kenedy Daniel Calegari et al. O papel dos drones na agricultura 4.0 e 5.0: Auxílio tecnológico para uma agricultura eficiente, produtiva e sustentável. **Seven Editora**, 2023. DOI: <https://doi.org/10.56238/tecnolocienagrariabiosoci-013>. Disponível em: <http://sevenpublicacoes.com.br/index.php/editora/article/view/1776>. Acesso em: 25 ago. 2023.

G1. **Veja como as mudanças climáticas podem impactar a produção de alimentos no Brasil.** SP: Grupo Globo, 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2021/08/09/veja-como-as-mudancas-climaticas-podem-impactar-a-producao-de-alimentos-no-brasil.ghtml>. Acesso em: 30 maio 2023.

GASQUES, José Garcia et al. Produtividade da agricultura brasileira e os efeitos de algumas políticas. **Política Agrícola**, Brasília, v. 21, n. 3, p. 83-92, 2012. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/issue/view/17>. Acesso em: 17 maio 2023.

GASQUES, José Garcia; VIEIRA FILHO, José Eustáquio R.; NAVARRO, Zander S. A agricultura brasileira: desempenho, desafios e perspectivas. In: GASQUES, José Garcia; VIEIRA FILHO, José Eustáquio R.; NAVARRO, Zander S. **Produtividade total dos fatores e transformações da agricultura brasileira: análise dos dados dos censos agropecuários**. Brasília: Ipea, 2010. p. 19-44.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GONÇALVES, Eliane Gomes. Crescimento e Intensificação da Produção Agrícola Brasileira. **Plataforma Visão de futuro do Agro Brasileiro**, abril 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/80318395/Crescimento+e+Intensifica%C3%A7%C3%A3o+da+Produ%C3%A7%C3%A3o+Agr%C3%ADcola+Brasileira+-+mega+4.pdf/0cbfbf22-2e1d-762d-d46c-d315309a996c>. Acesso em: 05 set. 2023.

GREMAUD, Amaury P.; VASCONCELLOS, Marco Antonio Sandoval de; JR., Rudinei T. Economia Brasileira Contemporânea. In: GREMAUD, Amaury P.; VASCONCELLOS, Marco Antonio Sandoval de; JR., Rudinei T. **Panorama Descritivo da Economia Brasileira e Conceitos Básicos**. São Paulo: Atlas das Ltda, 2016. p. 6. ISBN 9788597010206.

GREMAUD, Amaury P.; VASCONCELLOS, Marco Antonio Sandoval de; JR., Rudinei T. Economia Brasileira Contemporânea. In: GREMAUD, Amaury P.; VASCONCELLOS, Marco Antonio Sandoval de; JR., Rudinei T. **Processo de Substituição de Importações**. São Paulo: Atlas das Ltda, 2016. p. 379. ISBN 9788597010206.

GUARALDO, Maria Clara. **Brasil é o quarto maior produtor de grãos e o maior exportador de carne bovina do mundo, diz estudo**. Brasília: Embrapa Notícias, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/62619259/brasil-e-o-quarto-maior-produtor-de-graos-e-o-maior-exportador-de-carne-bovina-do-mundo-diz-estudo>. Acesso em: 12 jul. 2023.

HACKENHAAR, Neusa Maria et al. Robótica na agricultura. **Interações (Campo Grande)**, v. 16, p. 119-129, jan-jun. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1518-70122015110>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/inter/a/Pbb7RB3wzTypx6GH4fYKMFQ/?lang=pt>. Acesso em: 24 ago. 2023.

HICKS, John Richard. **The theory of wages**. London: MacMillan & Co, 1932.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Agência IBGE Notícias**. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2020b. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/29005-pam-2019-valor-da-producao-agricola-nacional-cresceu-5-1-e-atingiu-o-recorde-de-r-361-bilhoes>. Acesso em: 10 jul. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Agricultura familiar**. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2020f. Disponível em: [https://www.ibge.gov.br/apps/atlasrural/pdfs/11\\_00\\_Texto.pdf](https://www.ibge.gov.br/apps/atlasrural/pdfs/11_00_Texto.pdf). Acesso em: 29 ago. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Biblioteca**. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2006. Disponível em:

<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=750>.

Acesso em: 08 set. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário**.

Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2023. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9827-censo-agropecuario.html?edicao=9830&t=o-que-e>. Acesso em: 26 out. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Educação 2017**. Rio

de Janeiro, RJ: IBGE, 2018e. Disponível em:

[https://censoagro2017.ibge.gov.br/media/com\\_mediaibge/arquivos/0100c143af8b5ec e22cdca063d2a4151.pdf](https://censoagro2017.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/0100c143af8b5ec e22cdca063d2a4151.pdf). Acesso em: 29 ago. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Educa**. Rio de

Janeiro, RJ: IBGE, 2015a. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/>. Acesso em: 29 ago. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **SIDRA**. Brasília, DF:

IBGE, 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/series-temporais>. Acesso em: 29 ago. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **SIDRA**. Brasília, DF:

IBGE, 2017c. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017/resultados-definitivos#caracteristicas-estabelecimentos>.

Acesso em: 17 jul. 2023.

KLERKXA, Laurens. Dealing with the game-changing technologies of Agriculture 4.0:

How do we manage diversity and responsibility in food system transition pathways?.

**Global Food Security**, v. 24, n. 3, p. 1-7, May 2020. DOI: 10.1016/j.gfs.2019.100347.

Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211912419301804>.

Access in: Sept. 08, 2023.

LIMA, Jorge Enoch Furquim Werneck et al. **O uso da irrigação no Brasil**. 1999.

Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Enoch->

Lima/publication/228716436\_O\_uso\_da\_Irrigacao\_no\_Brasil/links/00463539b762c64d04000000/O-uso-da-Irrigacao-no-Brasil.pdf. Acesso em: 28 ago. 2023.

LOZADA, Gisele. **Metodologia Científica**. São Paulo: Sagah Educação, 2018. 1-238 p.

MANUAL DE OSLO. **Proposta de Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação Tecnológica**. Brasil: OCDE, 1997. Disponível em: [http://www.finep.gov.br/images/a-finep/biblioteca/manual\\_de\\_oslo.pdf](http://www.finep.gov.br/images/a-finep/biblioteca/manual_de_oslo.pdf). Acesso em: 06 nov. 2023.

MASSRUHÁ, Silvia Maria Fonseca Silveira et al. Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas. *In*: MASSRUHÁ, Silvia Maria Fonseca Silveira et al. **A transformação digital no campo rumo à agricultura sustentável e inteligente**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. p. 21-43. ISBN 978-65-86056-37-2.

MAPBIOMAS ALERTA. **Relatório Anual do Desmatamento no Brasil**. Brasil: RAD 2022, 2023. Disponível em: [https://storage.googleapis.com/alerta-public/dashboard/rad/2022/RAD\\_2022.pdf](https://storage.googleapis.com/alerta-public/dashboard/rad/2022/RAD_2022.pdf). Acesso em: 27 out. 2023.

MEDEIROS, Alberto Fernando Queiroz et al. Controle e apuração de resultado na agricultura familiar sob a ótica da sustentabilidade de produtores rurais. **Custos e agronegócio**, v. 8, n. 3, jul-set. 2012. Disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero3v8/controle.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2023.

MEDEIROS, Fabrício Ardais et al. Utilização de um veículo aéreo não-tripulado em atividades de imageamento georeferenciado. **Ciência Rural**, v. 38, p. 2375-2378, nov. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000800046>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/bhndnp7J9fT8hXwZb8LKmcN/>. Acesso em: 24 ago. 2023.

MENDES, Cássia Isabel Costa et al. Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovações nas cadeias produtivas. *In*: MENDES, Cássia Isabel Costa et al. **O direito**

**frente à digitalização da agricultura.** Brasília, DF: Embrapa, 2020. p. 307-327. ISBN 978-65-86056-37-2.

MESQUITA, Benjamin Alvino de. A expansão da fronteira agrícola num cenário de globalização da agricultura. **Revista de Políticas Públicas**, v. 22, p. 1079-1098, maio 2018. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/3211/321158844055/321158844055.pdf>. Acesso em 22 ago. 2023.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Brasil tem safra recorde de grãos com 257,8 milhões de toneladas. Notícias, Brasília: MAPA, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2020/09/brasil-tem-safra-recorde-de-graos-com-257-8-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 26 out. 2023.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Principais conceitos e expressões utilizados na agricultura de precisão-ap. **Agricultura de Precisão**, Brasília: MAPA, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/tecnologia-agropecuaria/agricultura-de-precisao-1/arquivos-de-agricultura-de-precisao/conceitos-relacionados-a-agricultura-de-precisao-1.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2023.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. Projeções do Agronegócio. **Brasil 2022/23 a 2032/33 Projeções de Longo Prazo**, Brasília: MAPA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2022-2023-a-2032-2033.pdf/#:~:text=As%20proje%C3%A7%C3%B5es%20para%202032%2F2033,2%2C4%25%20ao%20ano>. Acesso em: 29 out. 2023.

NERY, Carmen. **LSPA: há 50 anos contando a história da agricultura brasileira.** DF: Agência IBGE Notícias, 2023. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de->

noticias/noticias/36661-lspa-ha-50-anos-contando-a-historia-da-agricultura-brasileira. Acesso em: 16 jul. 2023.

NEY, Marlon Gomes et al. Educação, concentração fundiária e desigualdade de rendimentos no meio rural brasileiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 47, p. 147-181, mar. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-20032009000100006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/LZ4qdg8LZ9xHbLtbDgZtY5q/?lang=pt>. Acesso em: 24 ago. 2023.

OLIVEIRA, Altacis Junior de et al. Potencialidades da utilização de drones na agricultura de precisão. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 64140-64149, set. 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n9-010. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/15976/13095>. Acesso em 21 ago. 2023.

OLIVEIRA, Marieli Souza Machado de. **Agricultura 5.0 e suas tecnologias: o uso de drones na agricultura**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, 2022. Disponível em: <https://repositorio.uergs.edu.br/xmlui/handle/123456789/2799>. Acesso em: 8 jun. 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Brasília, DF: ONU, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel>. Acesso em: 12 set. 2023.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS. **Alterações Climáticas 2013**. Suíça: IPCC, 2013. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/03/ar5\\_wg1\\_spm.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/03/ar5_wg1_spm.pdf). Acesso em: 07 jun. 2023.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS. **Climate Change 2023**. Suíça: IPCC, 2023. Disponível em:

[https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_SYR\\_SPM.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf).

Acesso em: 07 jun. 2023.

PALMA, Andreza Aparecida et al. Balanço de pagamentos, balança comercial e câmbio – evolução recente e perspectivas. **Carta de Conjuntura**, Rio de Janeiro:

IPEA, 2023. Disponível em:

[http://www.ipea.gov.br/cartadeconjuntura/index.php/2023/07/balanco-de-](http://www.ipea.gov.br/cartadeconjuntura/index.php/2023/07/balanco-de-pagamentos-balanca-comercial-e-cambio-evolucao-recente-e-perspectivas-7/)

[pagamentos-balanca-comercial-e-cambio-evolucao-recente-e-perspectivas-7/](http://www.ipea.gov.br/cartadeconjuntura/index.php/2023/07/balanco-de-pagamentos-balanca-comercial-e-cambio-evolucao-recente-e-perspectivas-7/).

Acesso em: 12 jul. 2023.

PELLEGRINO, Giampaolo Queiroz et al. Mudanças climáticas globais e a agricultura no Brasil. **Revista Multiciência**, v. 8, p. 139-162, maio 2007. Disponível em:

[https://cetesb.sp.gov.br/aguasinteriores/wp-](https://cetesb.sp.gov.br/aguasinteriores/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/mc_agricultura_brasil.pdf)

[content/uploads/sites/36/2014/05/mc\\_agricultura\\_brasil.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/aguasinteriores/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/mc_agricultura_brasil.pdf). Acesso em: 31 ago.

2023.

PEREIRA, Caroline Nascimento et al. Expansão da produção agrícola, novas tecnologias de produção, aumento de produtividade e o desnível tecnológico no meio rural. **Repositório do Conhecimento do IPEA**, Rio de Janeiro: IPEA, 2022.

Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/11187>. Acesso em: 30

maio 2023.

QUADROS, Allan Vieira de Castro et al. Uma abordagem do papel da tecnologia na agricultura. **Agrosecurity**. Disponível em:

[https://www.agrosecurity.com.br/anexos/uma\\_abordagem\\_evolucionista.pdf](https://www.agrosecurity.com.br/anexos/uma_abordagem_evolucionista.pdf). Acesso

em: 06 nov. 2023.

REIS, Edna Afonso et al. Análise descritiva de dados. **Relatório Técnico do Departamento de Estatística da UFMG**, v. 1, p. 5, jun. 2002. Disponível em:

<https://www.est.ufmg.br/porta/arquivos/rts/rte0202.pdf>. Acesso em: 11 set. 2023.

REIS, Lucas David Ribeiro et al. Eficiência técnica da produção agrícola dos países da América Latina e do Caribe. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 58, p.

1-15, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2020.219416>. Disponível em:



<https://www.scielo.br/j/resr/a/9xH7nXhcqpNWhBmj5tMvjSL/?lang=pt>. Acesso em: 31 ago. 2023.

RODRIGUES, Adevanio Penote. A importância do agronegócio nos Estados Unidos na promoção da segurança alimentar. **Agronomia**, São Paulo, v. 03, p. 53-75, jan. 2023. ISSN: 2448-0959. DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/agronomia/importancia-do-agronegocio. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/agronomia/importancia-do-agronegocio>. Acesso em: 8 jun. 2023.

SACCARO JUNIOR, Nilo Luiz et al. Agricultura e sustentabilidade: esforços brasileiros para mitigação dos problemas climáticos. **Repositório do Conhecimento do IPEA**, Brasília: IPEA, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/8492>. Acesso em: 31 ago. 2023.

SCHINAIDER, Alessandra Daiana et al. O perfil do futuro empreendedor rural e fatores de influência na busca de qualificação. **Revista Livre de sustentabilidade e Empreendedorismo**, v. 2, p. 42-65, 2017. Disponível em: <http://relise.eco.br/index.php/relise/article/view/68>. Acesso em: 12 maio 2023.

SCHUMPETER, Joseph Alois. **A teoria do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Nova Cultural, 1988.

SHEPHERD, Mark et al. Priorities for science to overcome hurdles thwarting the full promise of the 'digital agriculture' revolution. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 100, n. 14, Sept. 2018. DOI: 10.1002/jsfa.9346. Available in: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.9346>. Access in: May 20, 2023.

SHIRATSUCHI, Luciano Shozo. O avanço dos drones. **Revista DBO**, v. 33, n. 403, p. 20-25, maio 2014. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1003261>. Acesso em: 25 ago. 2023.

SINDICATO NACIONAL DAS EMPRESAS DE AVIAÇÃO AGRÍCOLA. **Dados sobre a aviação agrícola**. Porto Alegre, RS: SINDAG, 2021. Disponível em: <https://sindag.org.br/dados-sobre-a-aviacao-agricola/>. Acesso em: 17 jul. 2023.

SINDICATO NACIONAL DAS EMPRESAS DE AVIAÇÃO AGRÍCOLA. **O SINDAG**. Porto Alegre, RS: SINDAG, 2023. Disponível em: <https://sindag.org.br/o-sindag/>. Acesso em: 17 jul. 2023.

SINDICATO NACIONAL DAS EMPRESAS DE AVIAÇÃO AGRÍCOLA. **Quantidade de Drones cadastrados**. Porto Alegre, RS: SINDAG, 2023. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiM2RiN2JmZWEtN2RkNC00ZTZkLTImMTItNzA1YWVM4OWVjNDZmliwidCI6ImQyNTYwZDc1LTI0MjYtNDRhZi04NzAxLTIINTAxODZINDgxMSJ9&pageName=ReportSection>. Acesso em: 17 jul. 2023.

SOBRAL, Graziela Ribeiro. **Evolução da indústria de tratores agrícolas no Brasil: estrutura de mercado e competitividade no período 1994-2008**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/25390>. Acesso em: 24 ago. 2023.

SORDI, Victor Fraile et al. Os Principais Desafios para a Popularização de Práticas Inovadoras de Agricultura Inteligente. **Desenvolvimento em Questão**, v. 19, n. 54, p. 204-217, jan-mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2021.54.204-217>. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/10891>. Acesso em: 21 ago. 2023.

SWINBURN, Boyd A et al. The Global Syndemic of Obesity, Undernutrition, and Climate Change: The Lancet Commission report. **The Lancet**, New Zealand, v. 393, n. 10173, p. 791-846, 2019. Available in: <https://www.thelancet.com/commissions/global-syndemic>. Access in: June 30, 2023.

TIGRE, Paulo Bastos. **Gestão da Inovação: A Economia da Tecnologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

TILMAN, David et al. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. **PNAS**, United States, v. 108, n. 50, p. 20.260-20.264, Oct. 2011. Available in: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1116437108>. Access in: July 23, 2023.

TSCHIEDEL, Mauro et al. Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. **Ciência Rural**, v. 32, n. 1, p.159-163, fev. 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782002000100027>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/54b6LCQHHRJsnwqdCTGKHtB/?lang=pt>. Acesso em: 11 ago. 2023.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Production, Supply and Distribution**. United States: USDA, [s. d.]. Available in: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>. Access in: May 17, 2023.

VIAN, Carlos Eduardo de Freitas et al. Origens, evolução e tendências da indústria de máquinas agrícolas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, p. 719-744, dez. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-20032013000400006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/Yg34vGfdryDNVrRj9K3Vwhx/?lang=pt>. Acesso em: 24 ago. 2023.

VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro. Expansão da fronteira agrícola no Brasil: desafios e perspectivas. **Repositório do Conhecimento do IPEA**, Rio de Janeiro: IPEA, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/6909>. Acesso em: 30 maio 2023.

VILLAFUERTE, Andrés et al. Agricultura 4.0: Estudo de inovação disruptiva no agronegócio brasileiro. **International Symposium on Technological Innovation**, v. 9, n. 1, p. 150-162, 2018. DOI: [10.7198/S2318-3403201800010018](https://doi.org/10.7198/S2318-3403201800010018). Disponível em: <https://www.api.org.br/conferences/index.php/ISTI2018/ISTI2018/paper/view/567>. Acesso em: 11 jul. 2023.

VILLELA, André. Desenvolvimento Econômico - Uma Perspectiva Brasileira. In: VILLELA, André. **O desenvolvimento Econômico no Brasil pré-1945**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. p. 88-94. ISBN 9788595154759.

VIOLA, Eduardo et al. Agricultura 4.0 e mudanças climáticas no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 25, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20200246r2vu2022L3AO>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/Bwg7NVTs5kcrK6WRxbqh4LS/?lang=pt>. Acesso em: 04 jul. 2023.

WIERZBICKI, Rafaella Gai dos Santos. **Eficiência do uso da agricultura de precisão em áreas de abertura**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Agricultura de Precisão) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2023. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/27826>. Acesso em: 10 jul. 2023.

ZEFERINO, Marisa. Algodão: conjuntura e tendências 2019/20. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 15, n. 02, fev. 2020. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/ftpiea/AIA/AIA-10-2020.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2023.