



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO
PAULO**

CAMPUS AVARÉ

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE BIODIVERSIDADE

MAURILIO ANTONIO DE MELO SOUZA

**TRANSIÇÕES NA AGRICULTURA TROPICAL: DESAFIOS E SOLUÇÕES PARA
PRODUÇÃO DE GRÃOS ORGÂNICOS**

AVARÉ

2025

MAURILIO ANTONIO DE MELO SOUZA

**Transições na Agricultura Tropical: Desafios e Soluções para produção de
Grãos Orgânicos**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação
em Engenharia de Biossistemas do
Instituto Federal de Educação, Ciência
e Tecnologia de São Paulo - *Campus*
Avaré, como requisito parcial à
obtenção do título de Engenheiro de
Biossistemas.

Orientadora: Profa. Dra. Marcela
Pavan Bagagli

AVARÉ
2025

Catálogo na fonte

Instituto Federal de São Paulo – Campus Avaré

Souza, Maurilio Antonio de Melo

Transições na Agricultura Tropical: Desafias e Soluções para produção de Grãos Orgânicos / Maurilio Antonio de Melo Souza. - Avaré, 2025.

49 p.

Orientadora: Prof.^a Dra. Marcela Pavan Bagagli

Monografia (Graduação – Engenharia de Biosistemas) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus Avaré, Avaré, 2025.

1. Orgânico, 2. Regenerativo, 3. Alimentos. I. Bagagli, Marcela Pavan. II. Transições na Agricultura Tropical: Desafias e Soluções para produção de Grãos Orgânicos .

ATA N.º 7/2025 - CBEB-AVR/DAE-AVR/DRG/AVR/IFSP

Ata de Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado "Transições na agricultura tropical: Desafios e soluções para produção de grãos orgânicos." apresentado(a) pelo(a) aluno(a) **Maurílio Antonio de Melo Souza (AV3019853)** do Curso **SUPERIOR EM Engenharia de Biorrecursos**, Campus Avaré. Os trabalhos foram iniciados às 13:30 pelo(a) Professor(a) presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

Membros	IES	Presença (Sim/Não)	Aprovação/Conceito (Quando Exigido)
Marcela Pavan Bagagli (Presidente/Orientador)	IFSP - Avaré	Sim	Aprovado
Newton Tamassia Pegolo (Examinador 1)	IFSP - Avaré	Sim	Aprovado
Alison Napolitano (Examinador 2)	Raiar Orgânicos SA	Sim	Aprovado

Observações:

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo da monografia, passou à arguição do(a) candidato(a). Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelo(a) aluno(a), tendo sido atribuído o seguinte resultado:

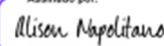
[x] Aprovado(a) [] Reprovado(a) Nota (quando exigido): 9,6

Proclamados os resultados pelo(a) presidente(a) da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

Campus Avaré, 4 de novembro de 2025

Avaliador externo: [x] Sim [] Não

Assinatura:

Assinado por:

48E88991CAFAA81...

ATA N.º 7/2025 - CBEB-AVR/DAE-AVR/DRG/AVR/IFSP / pg. 1

Docusign Envelope ID: FB892436-A69C-4CEA-9B75-2A7DD5B1AB23

Documento assinado eletronicamente por:

- Marcela Pavan Bagagli, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 04/11/2025 17:08:36.
- Newton Tamassia Pegolo, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 04/11/2025 18:00:53.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 04/11/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifsp.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1058456
Código de Autenticação: ec5371e73b



Dedico especialmente aos meus avós, Benedita e Sérgio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, primeiramente, por ter sido meu maior professor, ensinando-me o valor da paciência, da persistência e da fé, bem como pelas oportunidades que tem colocado em meu caminho.

Sou grato a toda a minha família pelo apoio ao longo desta caminhada, em especial aos meus avós Sergio e Bene, pois, sem seus ensinamentos, não teria chegado até aqui.

À minha mãe, Valdicleia, que sempre batalhou para que meus sonhos se tornassem realidade e me ensinou a persistir, mostrando que, com determinação, tudo é possível conquistar.

Às minhas irmãs, Mayara, Mayse e Maryana, que sempre foram fundamentais em minha vida.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus Avaré (IFSP), pelas oportunidades concedidas durante o curso e pelo incentivo financeiro que possibilitou a realização de parte delas.

Aos professores, que tornaram essa jornada ainda mais rica e me ensinaram, ao longo do caminho, a maior lição de todas: a de que todos os sonhos podem ser alcançados.

À professora e orientadora, Marcela Pavan Bagagli, pelo cuidado, carinho e conhecimento compartilhado, cuja imagem se tornou para mim uma grande referência de inspiração profissional.

Aos amigos e a todos que compartilharam comigo este processo, em especial à Anna Beatriz, que esteve presente para dividir o peso dessa caminhada.

Por fim, agradeço a tudo e a todos que, de alguma forma, contribuíram para que este momento se tornasse possível. Agradeço, sobretudo, à vida, por me proporcionar cada experiência, cada aprendizado e cada oportunidade de crescimento.

E agradeço também a mim mesmo, pela coragem de persistir, pela disciplina em seguir em frente e pela fé em nunca desistir dos meus sonhos.

Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá.

Ayrton Senna

RESUMO

O crescimento acelerado da população mundial, projetada para atingir 10 bilhões de pessoas até 2050, pressiona os sistemas agrícolas a aumentarem a produção de alimentos de forma sustentável. O Brasil, um dos maiores produtores globais de grãos, enfrenta desafios relacionados à expansão da agricultura convencional, incluindo o uso intensivo de agrotóxicos, degradação do solo, perda de biodiversidade e impactos sobre a saúde humana. Esses fatores evidenciam a necessidade de transição para sistemas produtivos mais sustentáveis, como a agricultura orgânica e regenerativa. A agricultura orgânica promove o uso de insumos biológicos, rotação de culturas e técnicas que preservam os recursos naturais, enquanto a agricultura regenerativa amplia essa perspectiva, integrando práticas que recuperam a fertilidade do solo, aumentam a biodiversidade, sequestram carbono e fortalecem a resiliência frente às mudanças climáticas. Apesar das barreiras técnicas, econômicas e sociais, a consolidação desses sistemas depende de políticas públicas eficazes, assistência técnica qualificada e engajamento de empresas e instituições. A adoção de práticas sustentáveis demonstra benefícios concretos em produtividade, redução de custos e melhoria ambiental, configurando-se como estratégia essencial para assegurar segurança alimentar, sustentabilidade ambiental e desenvolvimento econômico no Brasil e no mundo..

Palavras-chave: Orgânico, Regenerativo, Alimentos

ABSTRACT

The rapid growth of the global population, projected to reach 10 billion people by 2050, places increasing pressure on agricultural systems to produce food sustainably. Brazil, one of the world's largest grain producers, faces challenges associated with the expansion of conventional agriculture, including intensive pesticide use, soil degradation, biodiversity loss, and impacts on human health. These factors highlight the need to transition toward more sustainable production systems, such as organic and regenerative agriculture. Organic farming promotes the use of biological inputs, crop rotation, and techniques that preserve natural resources, while regenerative agriculture broadens this approach by integrating practices that restore soil fertility, enhance biodiversity, sequester carbon, and increase resilience to climate change. Despite technical, economic, and social barriers, the consolidation of these systems depends on effective public policies, qualified technical assistance, and the engagement of companies and institutions. The adoption of sustainable practices demonstrates tangible benefits in productivity, cost reduction, and environmental improvement, establishing itself as a crucial strategy to ensure food security, environmental sustainability, and economic development in Brazil and glob.

Key-words: Organic, Regenerative, Food

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – REPRESENTAÇÃO DA EVOLUÇÃO DA SAFRA DE CANA DE AÇÚCAR, MILHO E SOJA NO RECORTE DE (1990-2023)	19
FIGURA 2 – EVOLUÇÃO DAS PRINCIPAIS VARIÁVEIS PARA PRODUÇÃO DE SOJA (1993-2023)	20
FIGURA 3 – EMISSÕES CO ₂ DO SETOR AGROPECUÁRIO (1990-2020)	23
FIGURA 4 – CURVA DE CRESCIMENTO DOS BOVINOS NO BRASIL.....	24
FIGURA 5 –CARACTERÍSTICAS DA AGRICULTURA REGENERATIVA.....	31
FIGURA 6 – NÚMERO DE UNIDADES DE PRODUÇÃO E PRODUTORES ORGÂNICOS REGISTRADOS NO MAPA (2010-2019)	34

LISTA DE TABELAS

TABELA 1– PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE A AGRICULTURA NO BRASIL: MODERNIZAÇÃO, IMPACTOS E ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS.....	15
--	----

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	Objetivos	15
2.1.	Objetivos específicos.....	15
3.	Metodologia	15
4.	Desenvolvimento.....	17
4.1.	Agricultura no Brasil e no Mundo.....	17
4.2.	Impacto da agricultura atual nos ecossistemas e clima	19
4.3.	Os desafios da agricultura no Brasil	25
4.4.	Panoramas mundiais da Agricultura Regenerativa Erro! Indicador não definido.	
4.5.	Movimentos e Práticas da Agricultura Regenerativa no Brasil.....	29
4.6.	Agricultura Orgânica.....	32
5.	Considerações Finais	36
	REFERÊNCIAS	38

1. INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado da população mundial tem impulsionado a intensificação do setor produtivo de alimentos. Com a projeção de que a população global alcance 10 bilhões de pessoas até 2050, a soberania alimentar torna-se um dos desafios mais urgentes da atualidade (FAO, 2022). De acordo com o Conselho Internacional de Grãos (IGC), a produção global de grãos na safra 2024/2025 está estimada em aproximadamente 2,310 bilhões de toneladas, um volume que exige um uso significativo de recursos territoriais para a produção de alimentos. Para atender a essa demanda massiva, a agricultura mundial utiliza uma área total de lavouras que é estimada em cerca de 1,87 bilhão de hectares. Essa extensão representa uma fatia considerável do total de terras agricultáveis do planeta, ressaltando o intenso uso do solo global para a manutenção da segurança alimentar (IGC, 2024; Embrapa, 2018).

Nesse cenário, o Brasil destaca-se como um dos maiores produtores de grãos do mundo. Segundo dados da Embrapa (2019) e o relatório mais recente da CONAB (2025), o país deve produzir cerca de 336,1 milhões de toneladas de grãos, sendo 169,6 milhões de toneladas de soja e 128,3 milhões de milho, valores que representam aumentos de 14% e 11%, respectivamente, em relação à safra anterior.

As áreas cultivadas com essas culturas correspondem a aproximadamente 47,45 milhões de hectares para soja e 16 milhões para milho, o que representa cerca de 69% e 28% da área agricultável brasileira, respectivamente. (Conab, 2023)

Neste cenário, o modelo de produção agrícola convencional tem gerado impactos ambientais e sociais deletérios. O uso intensivo de agrotóxicos e a exploração do solo provocam o empobrecimento biológico dos ecossistemas, contaminação de bacias hidrográficas e riscos à saúde humana e ambiental, havendo evidências de que a exposição elevada a agrotóxicos esteja associada a distúrbios como disfunções celulares, depressão, ansiedade, alterações hormonais e reprodutivas, linfomas, entre outros problemas de saúde pública (Lopes et al., 2014; Lopes et al., 2021; Ahmad et al., 2024; Rodrigues et al., 2024; Shekhar et al., 2024; Zhou et al., 2025) .

Diante disso, aumenta o interesse por modelos produtivos que reduzam os impactos negativos e fortaleçam a sustentabilidade dos sistemas agroalimentares.. Segundo a Orgânis (2023), a demanda por produtos saudáveis movimentou cerca de

R\$ 7 bilhões no Brasil em 2022. Essa preferência está associada à filosofia da produção orgânica, que valoriza o uso eficiente dos recursos ecológicos e naturais, dispensando fertilizantes sintéticos, organismos geneticamente modificados (OGMs) e agrotóxicos. Em seu lugar, adota-se o uso de insumos biológicos, rotação de culturas e outras técnicas voltadas à regeneração do solo e ao equilíbrio ecológico (Muller, 2017; Maas; Malvestiti; Gontijo, 2020; Milardo, 2025).

No entanto, apesar de seus benefícios ambientais e sociais, a agricultura orgânica enfrenta desafios significativos. A dependência de insumos não sintéticos e de práticas agronômicas específicas exige conhecimentos técnicos que muitas vezes estão fora do alcance dos agricultores. A dificuldade de acesso à informação e à tecnologia adequada é um dos fatores que ainda limitam a adoção dessas práticas no campo (Sustainable Living, 2023; Milardo, 2025).

Além das limitações técnicas, fatores estruturais como o acesso desigual à terra, crédito e assistência técnica também dificultam a consolidação da produção orgânica no país. Segundo estudo da Articulação Nacional de Agroecologia (ANA, 2022), pequenos produtores agroecológicos enfrentam barreiras para acessar políticas públicas de fomento, como o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) e o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA). Essas dificuldades comprometem a viabilidade econômica da agricultura orgânica, tornando essencial a ampliação de investimentos públicos e estratégias integradas que promovam a transição agroecológica de forma justa e inclusiva.

Este estudo tem como objetivo principal analisar os desafios e as soluções inerentes à transição da agricultura tropical para sistemas de produção orgânica de grãos, detalhando as barreiras técnicas, econômicas, sociais e ambientais que dificultam esta mudança. Para tal, este trabalho explorará as problemáticas causadas pelo sistema produtivo convencional predominante, identificará os principais grupos e movimentos que impulsionam o setor orgânico, e, por fim, apresentará as soluções e oportunidades promissoras que podem contribuir significativamente para a consolidação e expansão da agricultura orgânica de grãos em ambientes tropicais.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi analisar os principais desafios e soluções associados à transição da agricultura tropical para sistemas orgânicos, com foco na produção de grãos, identificando barreiras técnicas, econômicas, sociais e ambientais, bem como oportunidades e práticas que possam contribuir para a consolidação do setor.

2.1. Objetivos específicos

Para tanto, os seguintes objetivos específicos foram traçados:

- barreiras técnicas
- analisar as problemáticas causadas pelo sistema produtivo atual
- principais grupos e movimentos no setor
- soluções/oportunidades no setor orgânico

3. METODOLOGIA

Este trabalho caracteriza-se como uma revisão bibliográfica de caráter exploratório, uma vez que busca reunir, analisar e interpretar informações disponíveis em diferentes fontes científicas e institucionais a respeito dos desafios e oportunidades da transição da agricultura para sistemas de produção orgânicos, com foco em grãos produzidos em regiões tropicais.

A pesquisa foi desenvolvida por meio da consulta a bases de dados acadêmicas e institucionais, como SciELO, Google Scholar, relatórios técnicos da Embrapa, publicações da FAO, do Conselho Internacional de Grãos (IGC), da CONAB, além de documentos de organizações nacionais e internacionais voltadas à agroecologia e agricultura sustentável, como a Articulação Nacional de Agroecologia (ANA), a IFOAM – Organics International, entre outras.

Foram incluídos artigos científicos, relatórios técnicos, legislações, dissertações, teses e publicações institucionais que abordam temas relacionados à agricultura convencional, impactos ambientais, transição agroecológica, produção orgânica, políticas públicas, bem como práticas ligadas à agricultura regenerativa. O período de maior ênfase da pesquisa abrange publicações entre 2010 e 2025, por refletirem de forma mais atualizada as tendências da produção agrícola e os avanços

em modelos sustentáveis, embora estudos clássicos e históricos tenham sido incorporados para contextualização.

A tabela 1 apresenta uma síntese de quantitativos de trabalhos encontrados a partir das buscas com palavras chaves e o quantitativo efetivamente utilizado para compor o trabalho.

TABELA 1– Produção científica sobre agricultura no Brasil: modernização, impactos e alternativas sustentáveis

Fonte de Busca	Nº trabalhos encontrados nas bases de busca	Nº trabalhos utilizados na construção do trabalho
Scielo	348	28
Google acadêmico	13.900	23
Embrapa	108	10
FAO	101	4
IGC	33	1
CONAB	71	4
Outros	389	51

A seleção dos materiais para apresentação neste trabalho seguiu os seguintes critérios:

- Confiabilidade da fonte: priorização de publicações em periódicos revisados por pares e documentos oficiais de órgãos nacionais e internacionais;
- Atualidade: foco em trabalhos publicados nas últimas duas décadas, sem desconsiderar obras fundamentais de referência histórica e conceitual.

Após a coleta, as informações foram sistematizadas em eixos temáticos que sustentam a discussão do trabalho:

- Agricultura no Brasil e no Mundo
- Impacto da agricultura atual nos ecossistemas e clima
- Dificuldades encontradas pela agricultura no Brasil.
- Agricultura regenerativa panoramas mundiais
- Movimentos e Práticas da Agricultura Regenerativa no Brasil.
- Agricultura Orgânica.

4. DESENVOLVIMENTO

4.1. Agricultura no Brasil e no Mundo

A agricultura é uma atividade voltada à produção de culturas destinadas ao consumo humano ou à criação animal. Sua transformação ocorreu de forma gradual, acompanhando a evolução humana ao longo do tempo. À medida que o homem passou a se fixar em determinados territórios, surgiu a necessidade de garantir subsistência de maneira mais estável, cultivando seus próprios alimentos. Dessa necessidade, estruturaram-se os primeiros sistemas de cultivo, consolidando-se também como importante fonte de renda (Mazoyer; Roudart, 2010).

O cultivo de alimentos surgiu no período Neolítico, há cerca de 10 a 12 mil anos, quando comunidades em diferentes regiões deixaram o nomadismo para cultivar plantas e domesticar animais. Essa transição ocorreu de forma independente em regiões como o Crescente Fértil, China, África e Américas, sempre se adaptando às condições locais. As primeiras culturas incluíam cereais, leguminosas e tubérculos, possibilitando fixação humana, crescimento populacional e desenvolvimento de sociedades complexas (Lobo, 1969; Basso; Neves; Grossi-de-Sa, 2024).

A modernização da agricultura ocorreu por meio da adoção de técnicas voltadas à intensificação do uso da terra e ao aumento da produtividade, influenciada também pelo avanço das civilizações e pela crescente demanda por produtos agrícolas (Silva, 2007; Delgado, 1985). O avanço intensificou-se com a Revolução Verde, que difundiu sementes melhoradas e técnicas agrícolas voltadas para o aumento da produtividade em culturas comerciais (Fuck, 2009; Hazell, 2009; Ameen; Raza, 2017). Essa fase foi marcada pela adoção de fertilizantes químicos, irrigação, mecanização agrícola, defensivos químicos e sementes geneticamente melhorados, objetivando elevar níveis de produtividade agrícola.

No Brasil, até o século XX, a produção agrícola caracterizava-se por baixo nível tecnológico, com pouca utilização de insumos agroindustriais, voltada majoritariamente ao abastecimento interno (Navarro, 2010). A partir da década de 1950, o país passou por transformação significativa no setor, impulsionada pelo “Plano de Metas”, programa de desenvolvimento econômico e tecnológico implementado pelo presidente Juscelino Kubitschek, que estimulou o crescimento da indústria de máquinas e equipamentos agrícolas, entre outros setores (Romeiro, 2007; Gonçalves; Silva, 2017).

Houve um grande salto na modernização na agricultura brasileira na década de 70, sendo que o país passou a ter o setor agroindustrial consolidado, força de trabalho qualificada e autonomia comercial (Muller, 1989). Além disso, entre os avanços revolucionários no setor, encontram-se as práticas do plantio direto, sem revolvimento do solo, o estabelecimento das janelas de plantio baseadas nas características climáticas de cada região do país e práticas de irrigação (Basso; Neves; Grossi-de-Sa, 2024).

A criação da Embrapa nesse período (Lei 5.851 de dezembro de 1972) representou marco fundamental no desenvolvimento de tecnologias agrícolas adaptadas às condições tropicais, fortalecendo agricultura, especialmente de pequenos e médios produtores, e regiões com menor expressão econômica (Alves, 2013; Embrapa, 2024). Desde então, a instituição estabeleceu ampla rede de recursos genéticos, com cerca de 300.000 acessos de diversas espécies vegetais, base para programas de melhoramento genético em mais de 80 espécies, visando aumento da produtividade, resistência a estresses bióticos e abióticos, adaptação regional e melhoria da qualidade nutricional de plantas com caráter comercial (Lopes, 2012).

O Programa Nacional de Defensivos Agrícolas (PND), de 1975, buscou impulsionar a agricultura brasileira através da produção nacional de agrotóxicos, reduzindo a dependência de importações (Siqueira, 2013).

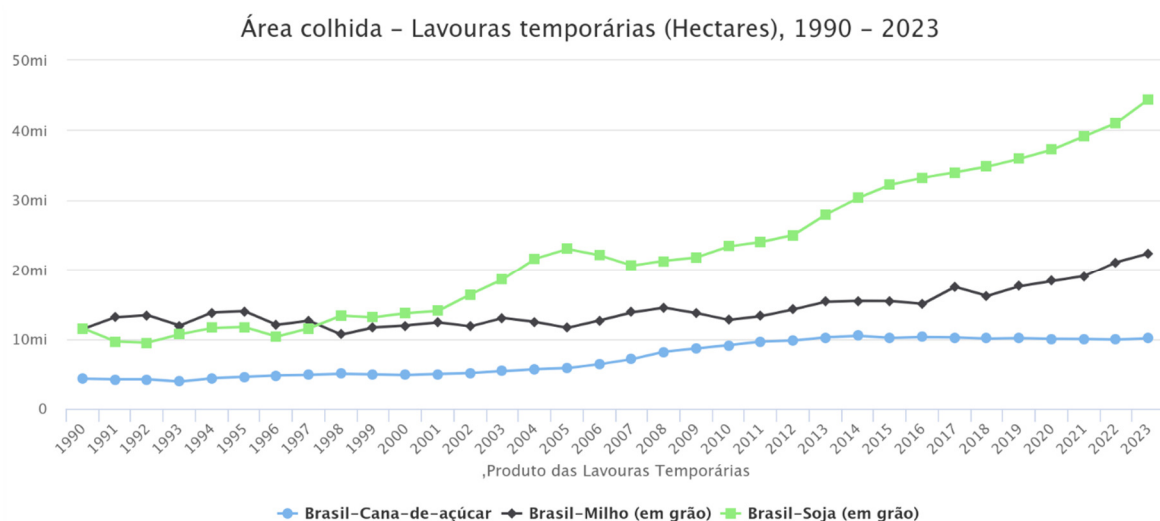
Entre 1990 e 1999, a estabilização econômica e políticas públicas focadas na modernização do setor, impulsionadas pelo Plano Real, promoveram crescimento do setor agrícola (Brabagnolo, 2015). Paralelamente, políticas voltadas à agricultura familiar, como PRONAF, visaram inclusão social e desenvolvimento sustentável (Kakimura, 2010).

Na virada dos anos 2000, o Brasil consolidou-se como líder global na produção e exportação de etanol, especialmente com cana-de-açúcar (USDA-ERS, 2011). Na cultura de grãos, o país aumentou significativamente sua produção, sendo que a soja passou de 41,9 milhões de toneladas no início dos anos 2000 para 154,6 milhões na safra de 2021/2022, e o milho de 35,2 para 131,9 milhões de toneladas, representando 25% do PIB agrícola nacional podendo ser visualizado na figura 1 (IBGE, 2022; Embrapa, 2023).

De acordo com o United States Department of Agriculture – Economic Research Service (2011), nos anos 2000 o Brasil consolidou-se como um dos principais líderes globais na produção e exportação de etanol, impulsionado principalmente pelo uso

eficiente da cana-de-açúcar como matéria-prima, apresentando altas produtividades.

FIGURA 1- Representação da evolução da área de cana-de-açúcar, milho e soja nos anos entre 1990-2023.



4.2. Impacto da agricultura atual nos ecossistemas e clima

A agricultura brasileira tem apresentado crescimento expressivo e constante ao longo dos anos, ocupando atualmente posição de destaque entre os maiores produtores agrícolas do mundo, especialmente em cultivos de milho e soja cultivados em sistemas de monoculturas. Em 2006, já existiam cerca de 5,17 milhões de estabelecimentos agropecuários (Santana, 2013). Com esse crescimento, a demanda por produtos para controle de pragas, doenças e plantas daninhas também aumentou (Kin, 2016).

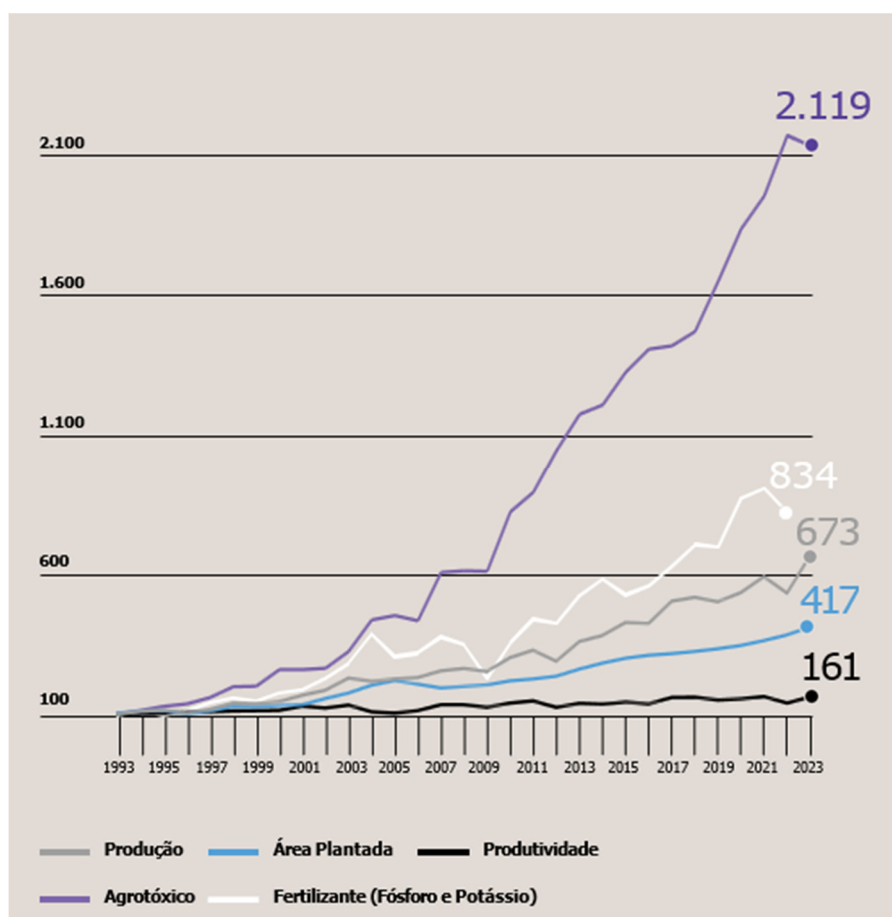
Segundo a Embrapa (2021), o consumo de agrotóxicos no Brasil aumentou 700% nos últimos 40 anos, enquanto a área agrícola cresceu 78%. No cenário mundial, entre 2000 e 2010, o consumo de agrotóxicos aumentou cerca de 100%, enquanto que no Brasil esse índice chegou a 200%. Entre 2012 e 2014, foram depositados cerca de 8,33 kg por hectare de insumos químicos, sendo o glifosato o insumo mais utilizado, responsável pela dessecação de plantas e controle de plantas espontâneas (Bombardi, 2017).

Dados da CONAB (2024) demonstram que na safra 23/24, 65 % de toda área

plantada em solo brasileiro foi correspondente aos grãos, sendo aproximadamente 46.030 hectares de soja e 20.965 hectares de milho, quando olhamos para os dados de produção, no ano de 1993 segundo dados do IBGE (1993) o Brasil produziu cerca de 33,9 milhões de toneladas de soja para 147,34 milhões de toneladas de soja em 2024 CONAB (2024).

Estudo levantado pelo Instituto Escolhas (2025) mostra que o uso de agrotóxicos por hectare em um recorte de 1993-2023, na cultura da soja também apresentou um crescimento exponencial podendo ser observado na figura 2.

FIGURA 2- Evolução das principais variáveis para produção de soja (1993-2023)



Fonte: Instituto Escolhas, 2025 .

A intensificação do modelo agrícola convencional tem resultado em práticas de manejo que frequentemente extrapolam as recomendações técnicas, como pulverizações desnecessárias ou aplicação de doses superiores às indicadas. Essas condutas ampliam a pressão antrópica sobre os ecossistemas, acelerando processos de degradação ambiental e perda de biodiversidade (Bastos *et al.*, 2007; Albaseer *et*

al., 2025). Diversos estudos têm evidenciado a nocividade dos agrotóxicos sobre inimigos naturais e polinizadores, confirmando o papel central desses insumos químicos na redução da diversidade biológica e no comprometimento dos serviços ecossistêmicos essenciais à produção agrícola (Costa *et al.*, 2012; Polleti *et al.*, 2008; Ziliotto *et al.*, 2023; Albaseer *et al.*, 2025).

Entre os organismos mais afetados, destacam-se as abelhas, cuja relevância para a polinização e manutenção da produtividade agrícola é amplamente reconhecida (Pinhero, 2010; Ziliotto *et al.*, 2023;). Nesse sentido, Tavares *et al.* (2015) demonstraram que concentrações subletais do neonicotinoide tiametoxam apresentam toxicidade significativa para larvas de abelhas africanizadas, podendo alterar seu desenvolvimento e, conseqüentemente, comprometer a manutenção e sobrevivência das colônias. Guzman *et al.* (2023) correlacionaram o aumento do uso de neonicotinoides e piretroides à alterações da ocupação de abelhas nativas nas áreas dos Estados Unidos, sendo o estudo realizado com dados de 1995 a 2015.

Em estudos de campo realizados nos municípios de Lucas do Rio Verde e Campo Verde, no estado de Mato Grosso, foram detectados resíduos de diferentes agrotóxicos em amostras de águas superficiais e de chuva. Nessas mesmas regiões, análises ecotoxicológicas constataram anomalias em espécies de anfíbios, evidenciando a preocupação científica acerca dos efeitos ecotóxicos dessas substâncias sobre a fauna silvestre e a integridade ambiental (Moreira, 2012).

Dias *et al.* (2025) correlacionaram as concentrações de pesticidas com a presença de pesticidas e seus produtos de degradação em águas de chuva, evidenciando que em todas as amostras foram encontrados atrazina e tebuconazol, sendo que as maiores concentrações estavam nas cidades com maior atividade agrícola e menor densidade populacional, indicando que o uso de água de chuva como potável pode ser um potencial de exposição à contaminantes como pesticidas e herbicidas.

Estudos também mostram os impactos dos agrotóxicos na saúde humana. Trabalhos desenvolvidos por Tofolo *et al.* (2016) e Detófano *et al.* (2013) observaram casos de intoxicação por agrotóxicos em trabalhadores rurais. Além disso, KAHL *et al.* (2016), em pesquisa com produtores de tabaco expostos a esses produtos, identificaram comprometimentos nos sistemas de defesa celular, bem como modificações nas funções dos telômeros desses trabalhadores.

De acordo com Shekhar *et al.* (2024) a exposição a agrotóxicos gera impactos

crônicos e de longo prazo na saúde humana, que vão além das intoxicações agudas. Esses compostos estão associados ao desenvolvimento de doenças neurodegenerativas (como Alzheimer), disfunções reprodutivas e aumento da suscetibilidade a cânceres, devido à capacidade dos pesticidas de cruzar barreiras biológicas e enfraquecer os mecanismos de defesa do organismo.

Além dos efeitos prejudiciais provocados pelos agrotóxicos a saúde humana, Sambuichi *et al.* (2012) ressaltam que o desmatamento para transformar ecossistemas naturais em áreas agrícolas, juntamente com a adoção de práticas de manejo que causam degradação, resulta em alterações na estrutura do solo e na redução da fauna local..

Ahmad *et al.* (2024) aponta que a aplicação intensiva e, por vezes, inadequada dessas substâncias leva à contaminação generalizada, afetando criticamente a qualidade do solo e dos recursos hídricos. Um dos efeitos mais prejudiciais é o desequilíbrio ecológico causado pela toxicidade para espécies não-alvo, incluindo organismos benéficos como polinizadores (abelhas) e inimigos naturais das pragas. A destruição dessas espécies contribui para o fenômeno da resistência de pragas, perpetuando o ciclo vicioso que exige o uso de doses crescentes de químicos e agrava a degradação ambiental, que em decorrência provoca o aumento das emissões de gases de efeito estufa, o que eleva a susceptibilidade das regiões ao estresse hídrico provocado pela seca

Esse fenômeno fica evidente pela rápida remoção de florestas e outras coberturas vegetais naturais para ampliação das áreas cultivadas. No bioma Cerrado, as atividades agropecuárias passaram a abranger cerca de 50% da sua extensão em 2022, comparado aos 34% observados em 1985. No período entre 1985 e 2022, aproximadamente 45 milhões de hectares de vegetação nativa foram convertidos em áreas de cultivo intensivo ou pastagens (MapBiomass, 2023).

Leite *et al.* (2021) correlacionaram a redução das áreas florestais com a redução das chuvas e o impacto na agricultura na região do sul da Amazônia no Brasil, concluindo que à medida que a perda florestal ultrapassa determinados limites, a queda nas chuvas torna-se acentuada, transformando os ganhos imediatos da expansão agrícola em perdas produtivas significativas.

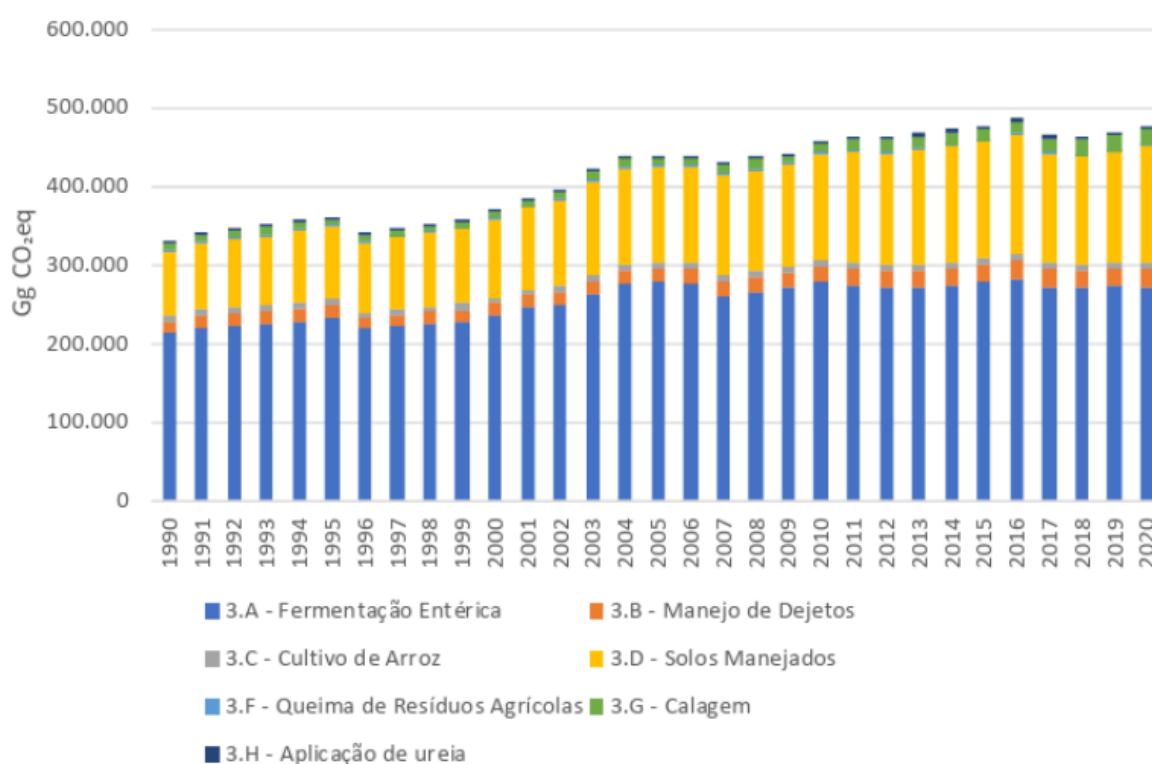
O relatório *The State of the Global Climate* (WMO, 2023) indica que o ano de 2023 foi o mais quente dos últimos 174 anos, com a temperatura média da superfície global registrando um aumento de 1,4 °C em relação aos níveis pré-industriais. A

tendência de elevação das temperaturas foi confirmada também em 2024.

Segundo Artaxo (2024), o desmatamento, juntamente com as queimadas associadas à expansão da agropecuária e da terra voltadas a monocultura na Amazônia, representa a principal fonte das emissões de gases no Brasil. Dentro desse contexto, a maior parte das emissões relacionadas à agropecuária é atribuída ao rebanho bovino.

De acordo com o relatório de “Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa” do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (2022) demonstra que o setor agropecuária contabilizou emissão de 477.670,5 Gg CO₂ em 2020, representando 28,5% do total das emissões brasileiras, conforme observado na figura 3.

FIGURA 3- Emissões CO₂ do setor Agropecuário (1990-2020).

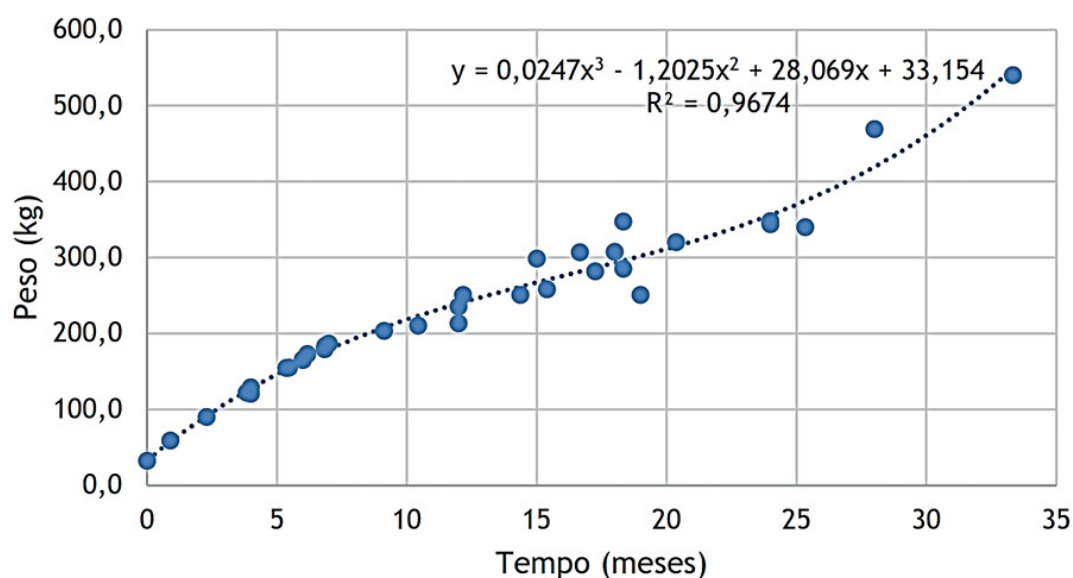


Fonte: BRASIL, 2022

De acordo com o relatório da ABIEC (2023), a pecuária de corte e leite no Brasil ocupa uma área de 154 milhões de hectares, com um rebanho de aproximadamente 202 milhões de cabeças. Essa atividade é responsável por emissões estimadas em

404 milhões de toneladas de CO₂. Considerando que o tempo médio de vida de um bovino no país é de 36 meses, cada animal pode gerar até 5.880 kg de CO₂ ao longo de sua vida, conforme apresentado na figura 4.

FIGURA 4- Curva de crescimento dos bovinos no Brasil.



Fonte: MCTI (2020)

A agricultura e a agropecuária, são responsáveis por elevadas emissões de CO₂, e outros gases de efeito estufa, as quais influenciam diretamente os níveis de precipitação, afetando negativamente o rendimento das culturas, reduzindo a rentabilidade e comprometendo as perspectivas do setor alimentício (Ray *et al.*, 2015; Bhatti *et al.*, 2024).

Considerando que a variabilidade climática de curto prazo exerce impacto significativo sobre a agricultura, e que as projeções indicam tanto aumento quanto diminuição das tendências pluviométricas, é imprescindível que os formuladores de políticas implementem estratégias que aumentem a resiliência dos sistemas produtivos e dos agricultores diante da vulnerabilidade associada ao regime de chuvas (Baethgen, 2010; Leite-filho *et al.*, 2021).

De acordo com os apontamentos de Kabir, Robbe e Godinho (2024), políticas públicas eficazes para mitigar os efeitos da agricultura nas mudanças climáticas devem integrar medidas técnicas e sociais, articulando incentivos econômicos com inclusão e justiça social. É essencial promover instrumentos combinados,

incorporando o conhecimento local e valorizando o papel das mulheres e agricultores na gestão sustentável. Além disso, a comunicação clara, o engajamento multiescalar de atores e o planejamento de capacitação e emprego são fundamentais para aumentar a aceitação social e política das medidas e garantir a sustentabilidade dos sistemas agroalimentares.

4.3. Os desafios da agricultura no Brasil

A agricultura brasileira enfrenta diversas dificuldades que impactam diretamente sua produtividade e sustentabilidade. Entre as principais dificuldades, destaca-se a forte dependência das condições climáticas, que são cada vez mais imprevisíveis devido às mudanças climáticas globais. A irregularidade nas chuvas, o aumento da temperatura e eventos extremos, como secas e enchentes, afetam negativamente as safras e a segurança alimentar (Lazzari, 2024).

Segundo a Embrapa (2010) os fenômenos climáticos El Niño e La Niña, afetam a agricultura brasileira. O El Niño, caracterizado pelo aquecimento anômalo das águas do Oceano Pacífico, está associado a um aumento das precipitações no Sul do Brasil, o que pode beneficiar culturas de verão, como soja e milho. Por outro lado, o La Niña, que envolve o resfriamento dessas águas, tende a provocar secas no Sul e chuvas excessivas no Norte e Nordeste, impactando negativamente a produção agrícola nessas regiões.

Dados do CEPEA (2023) indicam que a safra 2023/24 de tomate e cebola no Brasil apresentou queda na produtividade devido às adversidades climáticas, como chuvas intensas no Sul e baixa umidade com altas temperaturas no Sudeste. Esses eventos reduziram a oferta, aumentando os preços de mercado.

Na cultura dos grãos, as adversidades climáticas também vem apresentando problemas, as perdas por altos índices pluviométricos foi responsável pela perda de 14 milhões de toneladas de milho no Rio grande do Sul, tendo uma redução de 102 mihões de toneladas de milho para 86 milhões na segunda safra 23/24. (Cunha *et al.*, 2011; Guimarães, 2024).

Assim como a agricultura, a agropecuária figura entre os setores produtivos mais vulneráveis aos efeitos das mudanças climáticas decorrentes das mudanças climáticas globais. Seu rendimento é altamente condicionado pelas variações climáticas e pela frequência crescente de eventos extremos, como prolongadas secas,

ondas intensas de calor e frio, além de modificações no padrão de precipitações. Essas alterações climáticas têm se tornado mais intensas e seus impactos já são evidentes para os produtores rurais (Embrapa, 2022).

A dificuldade que os produtores rurais enfrentam para acessar crédito diante de cenários de estresse, a qual a FAO (2021) levanta, inclui as altas burocracias, a exigência de garantias diante aos novos desafios, e a informalidade das propriedades que dificulta a comprovação de renda, limitando o acesso a financiamentos e impactando negativamente investimentos e sustentabilidade no campo.

Além das mudanças climáticas, a agricultura brasileira enfrenta diversos problemas decorrentes do sistema de produção convencional estabelecido pela “Revolução Verde”. A aplicação de doses elevadas de herbicidas, por exemplo, tem acelerado o processo evolutivo natural de resistência nas principais plantas daninhas, capazes de causar prejuízos significativos a culturas comerciais. Entre elas, destacam-se picão-preto, capim-marmelada, capim-colchão, leiteiro, losna-branca, buva, azevém, capim-arroz e sagitária, que afetam lavouras como soja, milho, trigo e arroz (Embrapa, 2021).

Essa capacidade adaptativa não se restringe apenas às plantas daninhas. Tal como ocorre com a resistência de plantas invasoras, a resistência de pragas a plantas geneticamente modificadas é amplamente difundida na literatura científica, podendo ser observada em diversos relatos (Bauer, 1995; Ferré *et al.*, 1995; Schnepf *et al.*, 1998; Frutos *et al.*, 1999; Van Rie; Ferré, 2000; Vilella *et al.*, 2002a; Janmaat *et al.*, 2004).

De acordo com a APRD (2013), um dos principais desafios enfrentados pela agricultura brasileira é a perda de eficiência de alguns princípios ativos utilizados no controle de pragas e doenças. Estudos indicam que diferentes pragas agrícolas vêm desenvolvendo resistência a diversos grupos de inseticidas. Por exemplo, Vla *et al.* (2011) destacam que “a traça do tomateiro, *Tuta absoluta*, apresentou resistência aos inseticidas dos grupos *benzoiluréias* e *benzoilfeniluréias*”. Silva *et al.* (2011) também relatam que “o curuquerê-do-algodoeiro, *Alabama argillacea*, mostrou resistência ao grupo dos piretróides”. Além disso, Oliveira *et al.* (2011) apontam que “a traça-das-brássicas, *Plutella xylostella*, desenvolveu resistência a oxadiazinas, benzoiluréias e piretróides”. Silva *et al.* (2012) reforçam que “a resistência da traça-das-brássicas a esses grupos químicos é um desafio crescente para o manejo integrado”. Tais casos evidenciam a crescente dificuldade no controle das pragas, devido à sua alta

capacidade de adaptação.

Uma das diversas barreiras que também são encontradas no campo, que impacta na adoção de modelos produtivos sustentáveis, é a limitação da assistência técnica especializada, o que dificulta o acesso dos produtores a tecnologias e inovações, segundo o Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (2018). Para o Instituto Escolhas 2025 é fundamental a implementação eficaz de políticas públicas que sustentem a formação de ATER- Assistência Técnica e Extensão para que a agricultura passe para uma transformação sistêmica desde a base de ensino até o modelo produtivo, destacando ainda que nos dias atuais cerca de 80 % dos estabelecimentos agropecuários não recebem esse tipo de serviço, o que limita o estabelecimento sustentável.

4.4. Panoramas mundiais da Agricultura Regenerativa

A produção de alimentos de forma compatível com a capacidade de carga do planeta tem recebido crescente reconhecimento em políticas e acordos internacionais, como o Plano de Ação da Economia Circular da União Europeia (Comissão Europeia, 2015), o Acordo de Paris sobre Mudanças Climáticas (Nações Unidas, 2015), a Política Agrícola Comum (Comissão Europeia, 2019a) e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU. Essa necessidade de transformação dos sistemas produtivos, associada à demanda por inovação e tecnologias sustentáveis, tem impulsionado a adoção de práticas agrícolas mais conscientes e equilibradas.

Entre essas práticas, destacam-se a agricultura orgânica (European Commission, 2019b; IFOAM – Organics International, 2019; Brasil, 2024) e a agricultura sustentável (FAO, 2013). Paralelamente, surgem abordagens ainda em consolidação científica e regulatória, como a Agricultura Regenerativa (AR), reconhecida pelo seu potencial transformador nos sistemas agrícolas contemporâneos (LaCanne; Lundgren, 2018).

A Agricultura Regenerativa (AR) é definida não apenas como um conjunto de práticas, mas como uma abordagem holística de manejo agrícola que busca ativamente reverter a degradação e regenerar os sistemas produtivos, indo além da simples sustentabilidade. O cerne da AR reside na saúde do solo, utilizando sua conservação como o ponto de partida para restaurar e aprimorar os serviços ecossistêmicos múltiplos, conforme discutido por Jayasinghe et al. (2023).

A AR estabelece uma relação intrínseca com o meio ambiente, promovendo a regeneração dos sistemas naturais, reduzindo externalidades ambientais negativas e favorecendo o equilíbrio dos ecossistemas (Schreefel *et al.*, 2020; Jayasinghe *et al.*, 2023). Segundo a FAO (2022), a AR contribui para a melhoria da qualidade da água e do ar, aumento da biodiversidade, produção de alimentos mais nutritivos e sequestro de carbono, desempenhando papel relevante na mitigação das mudanças climáticas.

Diversos autores reforçam essas perspectivas. Gosnell *et al.* (2019) compreendem a AR como um agroecossistema que assegura serviços ecossistêmicos, especialmente no suporte à produção e regeneração do solo. Elevitch *et al.* (2018) destacam sua contribuição para a biodiversidade e a saúde do solo, enquanto Teague (2015) enfatiza que a AR promove fertilidade a longo prazo e manutenção da produtividade agrícola e pecuária. Estudos adicionais ressaltam seu papel na redução de emissões de gases de efeito estufa, no equilíbrio do carbono perdido na agricultura convencional e na preservação da qualidade da água (Elevitch *et al.*, 2018; Rhodes, 2012; LaCanne & Lundgren, 2018). Malik e Verma (2014) descrevem a AR como uma técnica avançada que incorpora métodos da agricultura orgânica.

Práticas utilizadas pela AR incluem a redução de insumos externos, minimização do revolvimento do solo, adoção de sistemas integrados de produção e rotações de culturas que promovem benefícios ecossistêmicos. O uso de insumos orgânicos, como esterco e compostagem, diminui a dependência de fertilizantes sintéticos, enquanto o controle biológico substitui pesticidas químicos. A integração lavoura-pecuária melhora fertilidade do solo, aumenta o sequestro de carbono, regenera recursos naturais e agrega valor ao produtor (Dahlberg, 1994; Teague *et al.*, 2016).

Políticas públicas também têm incentivado a AR. Nos Estados Unidos, o programa *Partnerships for Climate-Smart Commodities* destinou US\$ 2,8 bilhões à práticas que promovem o sequestro de carbono e à agricultura regenerativa (USDA, 2022). A certificação *Regenerative Organic Certified*, da *Regenerative Organic Alliance* (2025), estabelece padrões que integram saúde do solo, bem-estar animal e justiça social. No Canadá, iniciativas como o *Living Laboratories Initiative* e a *Sustainable Agriculture Strategy* incentivam práticas regenerativas, como o uso de cobertura vegetal e a redução de insumos químicos (*Agriculture and Agri-Food Canada*, 2025).

Grandes corporações também contribuem para a disseminação da AR, entre elas, Nestlé, Diageo, Mars e McCain Foods implementam projetos com apoio financeiro para regeneração do solo, aumento da biodiversidade e melhoria dos ecossistemas em diversos países, especialmente na Europa (*The Street Journal*, 2025; Cinco Días, 2025). No setor de moda sustentável, a *Citizens of Humanity* investiu US\$ 1,5 milhão na transição para algodão regenerativo nos Estados Unidos e Turquia, cobrindo custos de treinamento e garantindo preço justo aos produtores (Vogue Business, 2025).

Apesar do crescente reconhecimento de seus benefícios ambientais e econômicos, a Agricultura Regenerativa (AR) enfrenta um desafio crucial que limita sua adoção e avaliação em escala: a ambiguidade conceitual e a falta de padronização nas métricas de desempenho. Como discutido por Jayasinghe et al. (2023), essa ausência de uma definição única resulta na dificuldade em estabelecer indicadores consistentes e comparáveis, o que, por sua vez, impede o desenvolvimento de programas de incentivo, a rastreabilidade na cadeia de suprimentos e a validação de alegações corporativas. Nesse cenário, o framework proposto por Klauser et al. (2025), desenvolvido em colaboração com o setor de alimentos e bebidas, emerge como uma solução promissora. Ao definir a AR como uma abordagem baseada em resultados em vez de um conjunto rígido de práticas e ao fornecer um roteiro para a priorização local de oito resultados ambientais globais (Saúde do Solo, Biodiversidade, Água e Clima), o modelo oferece a flexibilidade necessária para acomodar a diversidade de sistemas agrícolas, o que pode auxiliar a tradução de princípios vagos em metas mensuráveis, permitindo que a AR seja monitorada, verificado e reportado de forma transparente em toda a cadeia de valor.

4.5. Movimentos e Práticas da Agricultura Regenerativa no Brasil

No Brasil, a busca por práticas agrícolas menos agressivas aos ecossistemas tem crescido de forma gradual, impulsionada tanto por iniciativas da sociedade civil quanto por políticas públicas. Um exemplo importante foi o Decreto nº 12.538, de 30 de junho de 2025, que instituiu o Programa Nacional de Redução de Agrotóxicos (PRONARA). Esse programa tem como objetivos incentivar a redução e o uso racional dos agrotóxicos, fomentar práticas agropecuárias sustentáveis, fortalecer a soberania

e a segurança alimentar e nutricional, além de promover sistemas alimentares mais saudáveis. O decreto também reforça o compromisso com a ampliação da comercialização e do acesso aos bioinsumos, cuja legislação foi estabelecida no Brasil desde 23 de dezembro de 2024, pela Lei nº 15.070.

Paralelamente, diversas organizações vêm se destacando na promoção de práticas agrícolas sustentáveis. Entre elas, o Grupo Associado de Agricultura Sustentável (GAAS), no Sudoeste Goiano, que atua difundindo soluções regenerativas em sistemas integrados de produção. Seu objetivo é otimizar o uso de recursos biológicos e naturais de cada região, garantindo alimentos mais saudáveis e qualidade de vida à população (Gaas Brasil, 2025). Outra iniciativa de grande relevância é o Instituto Brasileiro de Agricultura Sustentável (IBA), fundado em 2018. Como associação sem fins lucrativos, o IBA promove práticas agrícolas responsáveis no país, conciliando produtividade, preservação ambiental e bem-estar social, por meio de capacitação, suporte técnico e disseminação de conhecimento.

Também merece destaque o Grupo Associado de Pesquisa do Sudoeste Goiano (GAPES), criado em 2000. Sem fins lucrativos, o grupo busca desenvolver estratégias de manejo agrícola que sejam eficazes, eficientes e sustentáveis, consolidando-se como referência em pesquisas aplicadas ao campo (Gapes, 2025).

Embora a Agricultura Regenerativa (AR) venha ganhando força no Brasil, assim como em outros países, ainda existem desafios relacionados à sua regulamentação e à consolidação de objetivos claros. Para a Embrapa (2024), a agricultura regenerativa vai além da sustentabilidade tradicional, pois busca restaurar a saúde do solo, aumentar a biodiversidade e favorecer os ciclos naturais de nutrientes. Esse modelo se apoia em práticas como o plantio direto, a rotação de culturas, o uso de plantas de cobertura e a integração lavoura-pecuária-floresta, que, em conjunto, contribuem para recuperar a fertilidade do solo, sequestrar carbono e ampliar a resiliência dos ecossistemas agrícola.

Para o grupo CEBDS (Conselho Empresarial Brasileiro para o desenvolvimento Sustentável) (2023), apesar da agricultura regenerativa não apresentar uma definição específica, eles salientam a que a AR precisa de uma definição abrangente que considere a pluralidade da realidade brasileira e que além de promover práticas sustentáveis ela também contemple a sustentabilidade social, econômica e financeiras, eles ainda salientam que a agricultura Regenerativa pode ser disposta em 6 principais características, como apresentado na figura 5

FIGURA 5- Características da Agricultura Regenerativa.

Fonte: CEBDS (2023).

Para o IBA, a Agricultura Regenerativa (AR) surge como uma alternativa ao modelo convencional, propondo um novo paradigma de produção de alimentos baseado na regeneração dos ecossistemas, na valorização da biodiversidade e na construção de um futuro mais equilibrado e sustentável. Mais do que a adoção de práticas isoladas, a AR representa uma mudança de visão, em que a agricultura passa a ser compreendida como parte de um sistema integrado e dinâmico. Nesse contexto, a saúde do solo, das plantas, dos animais e das pessoas é vista como interdependente, formando a base para uma produção agrícola mais resiliente e duradoura (IBA, 2023).

Esse novo olhar para a agricultura tem estimulado não apenas instituições, mas também grandes empresas do setor a investirem em iniciativas que buscam comprovar, na prática, os benefícios da transição regenerativa. Um exemplo é o programa Amaggi Regenera, desenvolvido pela Amaggi, maior empresa de grãos do Brasil. O projeto foca no fortalecimento do solo e na recuperação de áreas produtivas,

com o objetivo de mitigar os impactos climáticos e proteger a biodiversidade (Amaggi, 2023).

Seguindo a mesma direção, a Bayer lançou o projeto PROCarbono, voltado para a redução das emissões de carbono em suas principais regiões de atuação no Brasil. A iniciativa envolve cerca de 1.900 agricultores, que têm o estoque de carbono do solo avaliado antes e depois da adoção de práticas sustentáveis. Os resultados já apontam ganhos concretos, como um aumento de 11% na produtividade e de 16% no sequestro de carbono (Bayer, 2025).

Na cadeia do leite, outras multinacionais também têm apostado na agricultura regenerativa como estratégia para aliar produtividade e sustentabilidade no sistema de produção. O programa Flora, da Danone Brasil, por exemplo, introduziu técnicas como o Pastoreio Racional Voisin (PRV) associado ao sistema silvipastoril. Em apenas um ano, foi observado um salto significativo no teor de matéria orgânica do solo, de 0,5% para 6%, além de uma elevação na margem de lucro dos produtores de 10% para 31%, com redução nos custos de produção e menores emissões de CO₂ por litro de leite produzido (Danone Brasil, 2023).

De forma semelhante, a Nestlé tem investido no programa Nature por Ninho, voltado para apoiar financeiramente mais de 1.200 produtores que adotaram práticas regenerativas. Em um estudo envolvendo 150 propriedades leiteiras, verificou-se que a adoção dessas práticas reduziu em 8% o custo de produção em comparação com sistemas convencionais, resultando em uma rentabilidade 4% superior. Além disso, houve diminuição de 13% no uso de insumos químicos, em grande parte devido à maior deposição de esterco no solo, promovendo fertilidade natural e equilíbrio do ecossistema produtivo (Nestlé, 2022).

4.6. Agricultura Orgânica

A crescente demanda por alimentos mais saudáveis e produzidos de forma sustentável tem se intensificado, especialmente diante dos impactos das mudanças climáticas e da expansão desordenada da produção de proteínas vegetais e animais, frequentemente associada ao uso intensivo de insumos químicos (Silva; Polli, 2020).

Nesse contexto, a agricultura orgânica surge como uma alternativa relevante, oferecendo produtos que atendem às exigências de consumidores cada vez mais

conscientes, que valorizam alimentos certificados e produzidos sem agrotóxicos, garantindo benefícios à saúde e ao meio ambiente (Jansen *et al.*, 2017)..

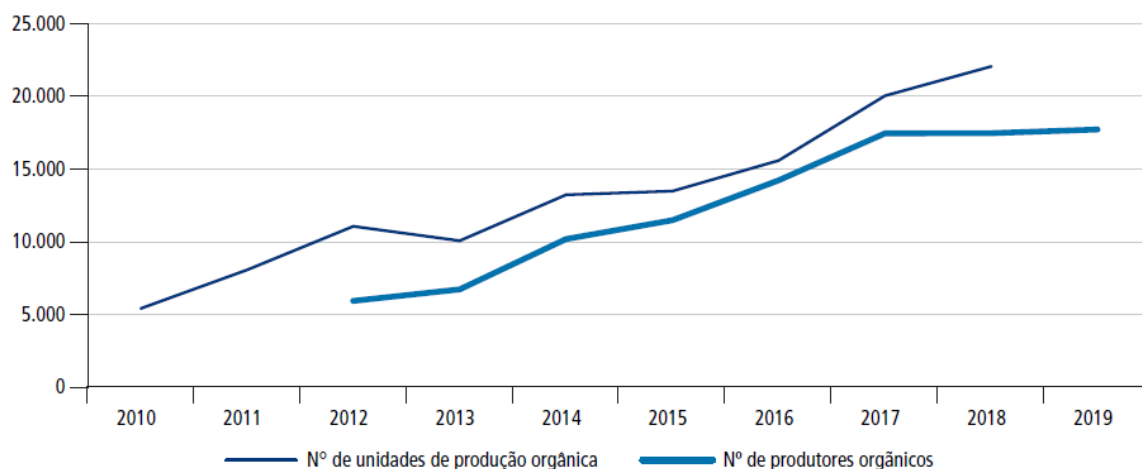
Esse movimento de conscientização, aliado à crescente preferência por produtos sustentáveis, tem impulsionado o mercado orgânico e favorecido a especialização da produção (Dimitri; Effland, 2018). Entre os diferenciais da agricultura orgânica, destacam-se a não utilização de fertilizantes químicos, defensivos sintéticos ou organismos geneticamente modificados (Matos; Braga, 2020), reforçando um modelo produtivo voltado à preservação ambiental e à saúde do consumidor (Aporal; Costabeber, 2004).

O marco inicial da regulamentação da agricultura orgânica no Brasil ocorreu com a publicação da Instrução Normativa nº 007, de 1999, que estabeleceu parâmetros para a produção e certificação (Fonseca, 2002). A legislação vigente é a Lei nº 10.831, de 2003, que define os princípios e objetivos do sistema orgânico, estabelecendo que técnicas específicas devem ser utilizadas para otimizar os recursos naturais e socioeconômicos, respeitando a cultura das comunidades rurais e promovendo a sustentabilidade econômica, social e ambiental (Brasil, 2003).

Para que um produto seja reconhecido como orgânico, o produtor deve atender a normas específicas e passar por auditorias de órgãos credenciados pelo MAPA e pelo INMETRO, garantindo a confiabilidade ao consumidor (Cunha, 2013). Os sistemas de certificação no país incluem Organização de Controle Social (OCS), os Sistemas Participativos de Avaliação da Conformidade Orgânica e a Certificação por Auditoria (Pinheiro, 2012).

Os sistemas de certificação no país incluem a Organização de Controle Social (OCS), os Sistemas Participativos de Avaliação da Conformidade Orgânica e a Certificação por Auditoria (Pinheiro, 2012). Segundo o Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos (CNPO), em 2018 havia mais de 17 mil produtores e aproximadamente 22 mil unidades de produção registradas, Conforme apresentado na Figura 8. (Brasil, 2019).

FIGURA 6 - Número de unidades de produção e produtores orgânicos registrados no Mapa (2010-2019).



Fonte: Brasil (2019).

Grandes empresas têm contribuído significativamente para o fortalecimento da agricultura orgânica no Brasil. O Grupo Korin, fundado em 1994 por Tetsuo Watanabe, foi pioneiro na produção de frangos e ovos orgânicos livres de antibióticos e transgênicos, adotando a Agricultura Natural como método produtivo (Grupo Korin, 2025).

Neste mesmo seguimento destaca-se a A Raiar Orgânicos, criada em 2020, que atua na produção de proteínas orgânicas e busca viabilizar a escala de produção, utilizando tecnologia para fomentar toda a cadeia de grãos orgânicos até o produto final (Raiar Orgânicos, 2025). A Gebana Brasil, que apoia famílias de agricultores no Paraná, também vem fortalecendo a cadeia de produção de grãos orgânicos e promovendo tecnologias por meio da Associação Gebana Brasil Solidária.

Além das empresas, instituições de pesquisa têm papel fundamental no desenvolvimento do setor. O Instituto Folio, criado pela Raiar Orgânicos, tem como objetivo impulsionar novas tecnologias e disseminar conhecimento sobre práticas alternativas de cultivo de grãos orgânicos (CI ORGÂNICOS, 2024). Os projetos apoiados pelo Instituto está o Projeto Transição, realizado na Fazenda Lago do Sino, doada por Raduan Nassar à UFSCar, tendo 400 hectares de cultivos diversos funcionando como laboratório de práticas agrícolas regenerativas. Neste projeto, pesquisadores desenvolveram o Plano de Transição Tropical, para avaliar os desafios da transição agrícola para um modelo regenerativo orgânico, além de manter parceria com o Instituto Federal de Avaré para sistema de produção de bioinsumos para uso

próprio, utilizando tecnologia simples e acessível por meio de fermentação em estado sólido (Folegi, 2025).

Pesquisadores como Reginatto *et al.* (2025), menciona que o sucesso da produção orgânica em larga escala reside na capacidade de substituir o uso de agroquímicos por práticas que garantam a saúde e a produtividade do solo. Nesse contexto, ele integrou o método de Sistema de Plantio Direto (SPDO) que busca integrar os princípios do plantio direto, como a manutenção da palhada e o mínimo revolvimento do solo, utilizando sobretudo a rotação e a sucessão de plantas de cobertura (plantas de serviço). Essa técnica não só garante a supressão de plantas invasoras e o manejo de nutrientes, mas também possibilita um aumento significativo na produtividade de biomassa, o que confere a resiliência e a estabilidade necessárias para consolidar a produção de grãos orgânicos como uma alternativa competitiva e ecologicamente superior à agricultura convencional, o que mostra um grande potencial para a produção de grãos orgânicos em escala.

Já Stefani e Rossetto (2024), observa-se que as questões socioeconômicas no setor orgânico tem passado por uma significativa evolução. Inicialmente focadas na viabilidade econômica e nas motivações de consumo, elas se expandiram para três grandes eixos de interesse: Consumidores, Produção e Sociedade. Atualmente, o campo de estudo transcende a mera comparação de custos e rendimentos, dedicando-se à análise de temas mais complexos como a eficácia das políticas agrícolas, a sustentabilidade, o impacto social e a governança do setor. Essa progressão reflete a maturidade do mercado orgânico preparação do setor aos futuros desafios de expansão e regulamentação global.

Paull, (2023), destaca que a expansão das áreas de produção em nível mundial, fundamentada nos quatro Princípios da IFOAM (Federação Internacional dos Movimentos de Agricultura Orgânica): Saúde, Ecologia, Justiça e Cuidado. Tais princípios não apenas guiam as práticas de manejo, mas também servem como um marco ético para a consolidação de sistemas produtivos que buscam a sustentabilidade integral. No contexto nacional, o setor orgânico é caracterizado pela forte presença da Agricultura Familiar e de produtores de pequena escala, que desempenham um papel crucial na produção de alimentos. Segundo cenário brasileiro mostra uma tendência de crescimento do número de unidades produtivas certificadas, reforçando a importância da produção orgânica como alternativa que contribui para a conservação dos recursos naturais quanto para melhoria da qualidade de vida no

campo

Conforme demonstram Vogt, Alencar e Fochezatto (2022) em seu estudo sobre *hotspots* de produção orgânica, a presença de polos de produção orgânica em municípios brasileiros demonstrou um efeito positivo sobre variáveis econômicas locais, como o Produto Interno Bruto (PIB) e o Valor Adicionado Bruto (VAB) da agricultura. Embora os ganhos de renda por produtor orgânico possam, em algumas situações, não superar significativamente os da produção convencional (devido a custos e características da agricultura familiar), o acesso a um mercado *premium* e a tendência de expansão do segmento sugerem um potencial de crescimento sustentável para esses municípios. Dessa forma, os resultados da pesquisa corroboram o incentivo à produção orgânica como uma alternativa viável para o desenvolvimento socioeconômico e sustentável do setor agrícola brasileiro.

Apesar do crescimento do mercado de produtos orgânicos ser frequentemente celebrado como sinônimo de sustentabilidade a certificação orgânica não garante, por si só, um sistema verdadeiramente sustentável (Larisse et al., 2020). Considerando o tripé da sustentabilidade que envolve o equilíbrio entre os fatores econômicos, o ambiental e o social, garantindo que as necessidades atuais sejam atendidas sem comprometer as gerações futuras (Martins; Souza, 2008). Faltam dados de mercado mais detalhados para além dos números de faturamento, que demonstrem claramente as tendências de oferta e demanda, especialmente em logística e acesso, sendo notada a falha da produção em suprir o aumento da demanda (Agência Brasil, 2023). Outro ponto observado é a falta de indicadores robustos que avaliem, de fato, se a produção orgânica é socialmente justa e ecologicamente sustentável (Epamig, 2023; Martins; Souza, 2008).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na análise apresentada, é possível concluir que a transformação da agricultura brasileira e mundial passa necessariamente por uma integração entre produtividade, regeneração ambiental e bem-estar social. A história do setor mostra avanços significativos, desde os primeiros sistemas agrícolas do Neolítico até a Revolução Verde, que alavancou a produção em escala, mas também gerou impactos ambientais expressivos, como o uso intensivo de agrotóxicos, perda de biodiversidade e emissão de gases de efeito estufa. Esses desafios, aliados às mudanças climáticas e à crescente demanda por alimentos saudáveis, evidenciam a necessidade de

repensar os modelos produtivos convencionais.

Nesse contexto, a agricultura regenerativa e a agricultura orgânica emergem como alternativas estratégicas para enfrentar tais desafios. A agricultura regenerativa podendo ser considerada mais flexível ou “permissiva”, buscando um processo gradual de substituição dos agrotóxicos, trazendo uma provocação dos processos de produções atuais, quanto a agricultura orgânica, traz uma abordagem mais restritiva quanto ao uso de insumos, buscando uma transição para práticas menos agressivas aos biossistemas de forma imediata.

Estudos nacionais e internacionais indicam que a adoção de práticas regenerativas — como integração lavoura-pecuária-floresta, rotação de culturas, cobertura vegetal e uso de bioinsumos — resulta em aumento de produtividade, redução de custos, melhoria da fertilidade do solo e mitigação dos impactos ambientais.

Além do aspecto técnico, a consolidação desses sistemas depende de políticas públicas eficazes, assistência técnica qualificada, financiamento adequado e engajamento de instituições e empresas que atuam na cadeia produtiva. A experiência de iniciativas como IBA, GAAS, Amaggi Regenera, Bayer PROCarbono, Danone Flora e Nestlé Nature por Ninho demonstra uma forte tendência e crescente movimentação no setor em busca de práticas agropecuárias e agrícolas menos agressivas ao sistema. No entanto, a simples adesão de grandes *players* não atesta, automaticamente, a viabilidade dessas abordagens no longo prazo. Essa viabilidade depende de estudos robustos que consigam analisar e quantificar o sucesso desses sistemas considerando o tripé da sustentabilidade.

Portanto, a importância da agricultura orgânica e regenerativa transcende a produção de alimentos, configurando-se como um caminho essencial para a transformação sistêmica da agricultura. Elas permitem conciliar segurança alimentar, sustentabilidade ambiental e desenvolvimento econômico e soberania alimentar, oferecendo uma perspectiva de longo prazo em que o Brasil pode não apenas manter sua liderança global na produção de grãos, mas também se tornar referência em inovação sustentável, integrando ciência, tecnologia e práticas tradicionais em prol de um futuro de menor impactos os biossistemas.

REFERÊNCIAS

ABIEC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES. **Beef Report 2023**: Perfil da Pecuária no Brasil. São Paulo: Brazilian Beef; Abiec, [2023]. Disponível em: [não informado]. Acesso em: 9 ago. 2025.

AGRICULTURE AND AGRI-FOOD CANADA. **Living Laboratories Initiative**. [S. l.: s. n., s. d.]. Disponível em: <https://agriculture.canada.ca/en/science/living-laboratories-initiative>. Acesso em: 23 ago. 2025.

ALBASEER, S. S. *et al.* Beyond the field: How pesticide drift endangers biodiversity. **Environmental Pollution**, [S. l.], v. 366, art. 125526, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.125526>. Acesso em: 5 out. 2025.

ALVES, E. R. A.; SOUZA, G. S.; GOME, E. G. (Org.). **Contribuição da Embrapa para o desenvolvimento da agricultura no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 291 p. ISBN 978-85-7035-175-3. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1039755/contribuicao-da-embrapa-para-o-desenvolvimento-da-agricultura-no-brasil>. Acesso em: 6 ago. 2025.

AMAGGI. **Amaggi Regenera é a conexão da agricultura com a natureza**. São Paulo: Amaggi, 2023. Disponível em: https://www.amaggi.com.br/amaggi_regenera/. Acesso em: 24 ago. 2025.

AMEEN, A.; RAZA, S. Green Revolution: a review. **International Journal of Advances in Scientific Research**, [S. l.], v. 3, p. 129-137, [201?].

APBIOMAS. **Destaques Agropecuária no Brasil (1985-2022)**. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/2023/08/31/perda-de-vegetacao-nativa-no-brasil--acelerou-na-ultima-decada/>.

ARTAXO, P. Mudanças climáticas: caminhos para o Brasil: a construção de uma sociedade minimamente sustentável requer esforços da sociedade com colaboração entre a ciência e os formuladores de políticas públicas. **Ciência e Cultura**, [S. l.], v. 74, n. 4, p. 1-14, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/2317-6660.20220067>. Acesso em: [s. d.].

ARTICULAÇÃO NACIONAL DE AGROECOLOGIA (ANA). **Agroecologia no Brasil**:

avanços e desafios para uma transição justa e sustentável. [S. l.: s. n.], 2022. Disponível em: [endereço eletrônico não informado]. Acesso em: 06 de out. 2025.

AVARES, D. A.; ROAT, T. C.; CARVALHO, S. M.; SILVA-ZACARIN, E. C. M.; MALASPINA, O. In vitro effects of thiamethoxam on larvae of Africanized honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). **Chemosphere**, [S. l.], v. 135, p. 370-378, set. 2015. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2015.04.090.

BAETHGEN, W. E. Climate Risk Management for Adaptation to Climate Variability and Change. **Crop Science**, [S. l.], v. 50, [p. s. p.], mar./abr. 2010.

BASSO, M. F. *et al.* Agriculture evolution, sustainability and trends, focusing on Brazilian agribusiness: a review. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, [S. l.], v. 7, art. 1296337, 2023.

BAUER, L. S. Resistance: a threat to the insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 78, p. 633-633, 1995. Disponível em: [não informado]. Acesso em: 10 ago. 2025.

BAYER. **PRO Carbono**. [S. l.: s. n., s. d.]. Disponível em: <https://www.agro.bayer.com.br/pro-carbono>. Acesso em: 24 ago. 2025.

BHATTI, U. A. *et al.* Global production patterns: Understanding the relationship between greenhouse gas emissions, agriculture greening and climate variability. **Environmental Research**, [S. l.], v. 245, [p. s. p.], 2024.

BOMBARDI, L. M. **Geografia do Uso de Agrotóxicos no Brasil e Conexões com a União Europeia**. 2017. [s. p.]. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

BRAGAGNOLO, C.; BARROS, G. S. de C. Impactos dinâmicos dos fatores de produção e da produtividade sobre a função de produção agrícola. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [S. l.], v. 53, n. 1, p. 31–50, jan./mar. 2015. Disponível em: [não informado]. Acesso em: 6 ago. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional. Falta de assistência técnica no campo ameaça produção de alimentos e o combate à fome. **Governo do Brasil**, [S. l.], 26 nov. 2018. Disponível em:

<https://www.gov.br/secretariageral/pt-br/consea/noticias/2018/falta-de-assistencia-tecnica-no-campo-ameaca-producao-de-alimentos-e-o-combate-a-fome>. Acesso em: 11 ago. 2025.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Produção agrícola municipal: soja**, 1993. [S. l.: s. n., s. d.]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9137-producao-agricola-municipal.htm>. Acesso em: 5 out. 2025.

BRASIL. Lei n. 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e estabelece o Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade Orgânica. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 24 dez. 2003. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/2003/L10.831.htm. Acesso em: 6 nov. 2025.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. 6. ed. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/estimativas-anuais-de-emissoes-gee/arquivos/6a-ed-estimativas-anuais.pdf>. Acesso em: 5 out. 2025.

CI ORGÂNICOS. Raíar lança Instituto Folio para desenvolver mundo novo da agricultura orgânica. **Centro de Inteligência em Orgânicos**, [S. l.], 18 jul. 2024. Disponível em: <https://ciorganicos.com.br/biblioteca/raiar-lanca-instituto-folio-para-desenvolver-mundo-novo-da-agricultura-organica>. Acesso em: 7 out. 2025.

CINCO DIÁS. Nestlé e Deoleo implementam práticas regenerativas em cereais e olivares, com investimentos entre € 2.000 e € 5.000/ha, retorno econômico em médio prazo. **Cinco Días**, [S. l.], [15 abr.] 2025. Disponível em: https://cincodias.elpais.com/cincodias/2025/04/15/empresas/1681569600_266318.html. Acesso em: 23 ago. 2025.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira: grãos – Safra 2009/2010**. Brasília: Conab, 2010. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 09 ago. 2025

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim da Safra de**

Grãos: 12º levantamento, safra 2024-25. Brasília: CONAB, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/12o-levantamento-safra-2024-25/e-book_boletim-de-safras-12o-levantamento_2025.pdf. Acesso em: 5 out. 2025.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira:** grãos. Brasília: Conab, 2025. 149 p. (v. 6, n. 9, jun. 2025). Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras>. Acesso em: 01 de ago. 2025.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (CEBDS). **Agricultura regenerativa no Brasil:** desafios e oportunidades. São Paulo: CEBDS, 2023. Disponível em: https://cebds.org/wp-content/uploads/2023/12/CEBDS_AgriculturaRegenerativa_2023.pdf. Acesso em: 24 ago. 2025.

COSTA, R.; ROCHA, L. C. D.; FREITAS, J. A. de; COURA JÚNIOR, G. M.; SANTOS, O. M. dos; COUTO, E. O. do. Efeito de agrotóxicos usados na cultura do morangueiro sobre o predador *Phytoseiulus macropilis* (Banks) em laboratório, semicampo e campo no sul de Minas Gerais. **Revista Agroambiental**, [S. l.], v. 4, n. 3, p. 1-12, 2012. DOI: 10.18406/23161817v4n32012474.

CUNHA, G. R. da *et al.* El Niño/La Niña – Oscilação Sul e seus impactos na agricultura brasileira: fatos, especulações e aplicações. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 20, n. 121, p. 18–22, jan./fev. 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/903716/el-ninola-nina---oscilacao-sul-e-seus-impactos-na-agricultura-brasileira-fatos-especulacoes-e-aplicacoes>. Acesso em: 10 ago. 2025.

DANONE BRASIL. Danone ultrapassa meta de agricultura regenerativa e expande modelo mais sustentável de produção de leite. **Danone Brasil**, São Paulo, 3 maio 2023. Disponível em: <https://corporate.danone.com.br/Danone-ultrapassa-meta-de-agricultura-regenerativa-e-expande-modelo-mais-sustentavel-de-producao-de-leite>. Acesso em: 24 ago. 2025.

DEIAS, M. A. *et al.* Pesticides in rainwater: A two-year occurrence study in an unexplored environmental compartment in regions with different land use in the State of São Paulo – Brazil. **Chemosphere**, [S. l.], v. 372, [p. s. p.], 2025.

DÖBEREINER, J. Avanços recentes na pesquisa em fixação biológica de nitrogênio no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 4, n. 8, p. 147-168, abr. 1990.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Agrotóxicos no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agricultura-e-meio-ambiente/qualidade/dinamica/agrotoxicos-no-brasil>. Acesso em: 8 ago. 2025.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Portfólio de mudanças climáticas**: ciência para uma agropecuária mais resiliente e sustentável. Brasília, DF, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/portfolio/mudanca-climatica>. Acesso em: 10 ago. 2025.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS. **Grãos**. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/grandes-contribuicoes-para-a-agricultura-brasileira/graos>. Acesso em: 22 jun. 2025.

EMBRAPA. **Áreas Cultivadas no Brasil e no Mundo**. Embrapa Territorial, [S. l.], 2018. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1089331/1/4942.pdf> Acesso em: 23 de jun. 2025

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. A Embrapa. In: MEMÓRIA Embrapa: a Embrapa. Brasília, DF: Embrapa, [s. d.]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/memoria-embrapa/a-embrapa>. Acesso em: 6 ago. 2025.

FAO BRASIL. **Financiamento rural para pequenos produtores**: desafios e perspectivas. [S. l.]: Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/522540/>. Acesso em: 03 ago.2025

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). How to feed the world in 2050. Rome: FAO, 2009. 35 p. Disponível em: https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf. Acesso em 08 de ago. 2025

FERRÉ, J.; VAN RIE, J. Biochemistry and genetics of insect resistance to *Bacillus*

thuringiensis. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 47, p. 501-533, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.47.091201.145234>. Acesso em: 08 out. 2025.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Regenerative Agriculture**. Family Farming Knowledge Platform, 2025. Disponível em: <https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1512632/>. Acesso em: 11 ago. 2025.

FRUTOS, R.; RANG, C.; ROYER, F. Managing insect resistance to plants producing *Bacillus thuringiensis* toxins. **Critical Reviews in Biotechnology**, Boca Raton, v. 19, p. 227-276, 1999.

FUCK, M. P. **A coevolução tecnológica e institucional na organização da pesquisa agrícola no Brasil e na Argentina**. 2009. Tese (Doutorado em Política Científica e Tecnológica) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

GAPES – GRUPO ASSOCIADO DE PESQUISAS DO SUDOESTE GOIANO. **Quem somos**. Disponível em: <https://gapescna.agr.br/>. Acesso em: 24 ago. 2025.

GAZZIERO, D. L. P.; BRIGHENTI, A. M.; VOLL, E. Resistência de plantas daninhas a herbicidas. In: EMBRAPA. **Agência de Informação Tecnológica**. Brasília, DF: Embrapa Soja; Embrapa Gado de Leite, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/producao/manejo-de-plantas-daninhas/resistencia-de-plantas-daninhas>. Acesso em: 8 ago. 2025.

GUIMARÃES, D. P. Artigo: impactos do clima na atual safra de milho. **Portal Embrapa**, [S. l.], 14 jun. 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/90138806/artigo-impactos-do-clima-na-atual-safra-de-milho>. Acesso em: 10 ago. 2025.

GUZMAN, L. M. *et al.* Impact of pesticide use on wild bee distributions across the United States. **Nature Sustainability**, [S. l.], v. 7, n. 10, p. 1-10, out. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41893-024-01413-8>. Acesso em: 5 out. 2025.

HAZELL, P. B. R. The Asian Green Revolution. Washington: IFPRI, 2009. (IFPRI Discussion Paper, 00911).

HERRERA, A. M. *et al.* Desenvolvimento tecnológico agropecuário no Brasil: a contribuição da Embrapa para a agricultura tropical. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 42, e0190135, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AGRICULTURA SUSTENTÁVEL (IBA). **Sobre o IBA**. Disponível em: <https://iba.org.br/sobre>. Acesso em: 23 ago. 2025.

INSTITUTO ESCOLHAS. **Sem ATER não tem transição da agricultura**. São Paulo, jul. 2025. Disponível em: https://escolhas.org/wp-content/uploads/2025/07/Onepage_ATER.pdf. Acesso em: 11 ago. 2025.

INTERNATIONAL GRAINS COUNCIL – IGC. **Grain Market Report**. Londres: IGC, 2024. Disponível em: https://www.igc.int/en/gmr_summary.aspx. Acesso em: 17 jun. 2025.

JANMAAT, A. F. *et al.* Inheritance of resistance to *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* in *Trichoplusia ni*. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 70, p. 5859-5867, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1128/AEM.70.10.5859-5867.2004>. Acesso em: 10 ago. 2025.

JAYASINGHE, S. L. *et al.* Global Application of Regenerative Agriculture: A Review of Definitions and Assessment Approaches. **Sustainability**, Basel, v. 15, n. 22, p. 1-49, nov. 2023.

KAHL, V. F. S.; SILVA, J.; SILVA, F. R. Influence of exposure to pesticides on telomere length in tobacco farmers: A biology system approach. **Mutation Research**, [S. l.], v. 791, p. 19-26, 2016. Disponível em: [não informado]. Acesso em: 12 jan. 2017.

KAHL, V. F. S. *et al.* Telomere measurement in individuals occupationally exposed to pesticide mixtures in tobacco fields. **Environmental and Molecular Mutagenesis**, [S. l.], [v. s. n., p. s. p., ano s. d.].

KAMIMURA, A.; OLIVEIRA, A. de; BURANI, G. F. A agricultura familiar no Brasil: um

retrato do desequilíbrio regional. **Interações (Campo Grande)**, Campo Grande, v. 11, n. 2, p. 217–223, jul./dez. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/inter/a/pLjXry73NjCLG7kfqSX8RVG/>. Acesso em: 6 ago. 2025.

KIM, K. H.; KABIR, E.; JAHAN, S. A. Exposure to pesticides and the associated human health effects. **Science of the Total Environment**, Amsterdã, v. 575, p. 525-535, 2017.

LAMAS, F. M. Artigo - Agricultura regenerativa – o que significa, o que regenerar? **Portal Embrapa**, Brasília, 20 jun. 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/90285437/artigo---agricultura-regenerativa--o-que-significa-o-que-regenerar>. Acesso em: 11 ago. 2025.

LARISSE, A. R. et al. Agroecologia: Perspectivas e Desafios para a Agricultura Familiar. **Ensaio e Ciência**, Campo Mourão, v. 24, n. 5 (ed. especial), p. 496-503, 2020.

LAZZARI, D.; GARCEZ, A.; POLTOZI, N.; POZZI, G.; BRITO, C. **Identification of extreme weather events and impacts of the disasters in Brazil**. [S. l.: s. n.], 2024. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2409.16309>. Acesso em: 10 ago. 2025.

LEITE-FILHO, A. T. et al. Deforestation reduces rainfall and agricultural revenues in the Brazilian Amazon. **Nature Communications**, Londres, v. 12, n. 1, p. 2591, dez. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22840-7>. Acesso em: 05 out. 2025

LOBO, J. H. As origens da Agricultura. **Revista de História**, São Paulo, v. 38, n. 78, p. 285-311, jun. 1969. Disponível em: <https://revistas.usp.br/revhistoria/article/view/128784>. Acesso em: 4 ago. 2025.

LOPES, M. A. *et al.* Contribuição da Embrapa na produção de novas cultivares de plantas e seu impacto na agricultura brasileira. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, [S. l.], v. 12, número especial, p. 31-46, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cbab/a/vRWg4qGWy9cPQpfffNZKQsh>. Acesso em: 6 ago. 2025.

LOPES, P. R. et al. Uma análise das consequências da cafeicultura convencional e

das opções de modelos sustentáveis de produção: agricultura orgânica e agroflorestal. **Revista Espaço de Diálogo e Desconexão**, Rio Claro, v. 8, n. 2, p. 1-38, 2014. Disponível em: <https://periodicos.fclar.unesp.br/redd/article/view/6912>. Acesso em: 08 out. 2025.

MAAS, L.; MALVESTITI, R.; GONTIJO, L. A. Work in organic farming: an overview. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 50, n. 4, e20190458, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190458>. Acesso em: 08 out. 2025.

MARSON, M. D. O Plano de Metas e a estrutura empresarial e financeira da indústria de máquinas e equipamentos no Brasil: Dedini e Romi, 1955-1961. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 663-690, ago. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ecos/a/Y9m5FSbtvf8XdB7xRXk644r/>. Acesso em: 4 ago. 2025.

MARTINS, R. C.; SOUZA, M. P. G. de. Modelos de indicadores de sustentabilidade: síntese e avaliação crítica das principais experiências. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 7-19, mar. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sausoc/a/XhK9DfMTbtVw56qdxXbXdXRw/?lang=pt>. Acesso em: 7 out. 2025..

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. Tradução: Paulo Neves. São Paulo: Editora UNESP, 2010.

MEDEIROS, C. F.; OLIVEIRA, C. S. A profile of organic farming and markets in Brazil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 64, e85418, 2023. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/download/85418/50790>. Acesso em: 7 out. 2025

MILARDO, R. The Role of Knowledge and Innovation in Organic Farming Systems: A Systematic Literature Review. **Sustainability**, Basel, v. 17, n. 14, p. 6563, 2025.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Em 7 anos, triplica o número de produtores orgânicos cadastrados no ministério. **Mapa**, Brasília, 1 ago. 2019a. Disponível em: <https://bit.ly/2HTzG9d>. Acesso em: abr. 2019.

BRASIL. **Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil: 6ª Edição – 2022**. Brasília: MCTI, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o->

[mcti/sirene/publicacoes/estimativas-anuais-de-emissoes-gee/arquivos/6a-ed-estimativas-anuais.pdf](https://mcti.sirene/publicacoes/estimativas-anuais-de-emissoes-gee/arquivos/6a-ed-estimativas-anuais.pdf). Acesso em: 9 ago. 2025.

MOREIRA, J. C. et al. Contaminação de águas superficiais e de chuva por agrotóxicos em uma região do estado do Mato Grosso. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1557-1568, jun. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232012000600019>. Acesso em: 8 ago. 2025

MULLER, G. **Complexo agroindustrial e modernização agrária**. São Paulo: HUCITEC, 1989.

NAVARRO, Z. Desenvolvimento rural no Brasil: os limites do passado e os caminhos do futuro. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 15, n. 43, p. 193-207, set./dez. 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-468X2001000300010>. Acesso em: 8 out. 2025.

NESTLÉ BRASIL. Nestlé reúne mais de 200 pessoas entre produtores, técnicos da Embrapa e parceiros na região do Alto Paranaíba para destacar práticas de agricultura regenerativa. **Nestlé Brasil**, São Paulo, nov. 2022. Disponível em: <https://www.nestle.com.br/media/pressreleases/allpressreleases/nestle-reune-mais-de-200-pessoas-entre-produtores-tecnicos-da-embrapa>. Acesso em: 24 ago. 2025.

OCTAVIANO, C. Muito além da tecnologia: os impactos da Revolução Verde. **Com Ciência**, São Paulo, ano 14, n. 56, dez. 2010. Disponível em: https://comciencia.scielo.br/scielo.php?lng=pt&pid=S1519-76542010000600006&script=sci_arttext. Acesso em: 4 ago. 2025.

OLIVEIRA, A. C. et al. Resistance of Brazilian diamondback moth populations to insecticides. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 2, p. 154-159, mar./abr. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162011000200007>. Acesso em: 8 out. 2025.

ORGANIS, **CONSELHO BRASILEIRO DA PRODUÇÃO ORGÂNICA E SUSTENTÁVEL. Panorama do consumo de produtos orgânicos no Brasil – 2023**. Curitiba: Organís, 2023. Disponível em: <https://organís.org.br/>. Acesso em: 16 jun. 2025.

ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL (OMM). **State of the Global**

Climate 2023. Genebra: OMM, 2024. Disponível em: <https://library.wmo.int/records/item/68835-state-of-the-global-climate-2023>. Acesso em: 3 abr. 2024.

PAULL, J. The Global Growth and Evolution of Organic Agriculture. In: BHAKTA, J. N.; RANA, S. (Ed.). **Research Advancements in Organic Farming**. New York: Nova Science Publishers, 2023. Cap. 1, p. 1-17..

PARANÁ (Estado). **Secretaria de Estado da Saúde. Superintendência de Atenção à Saúde. Linha Guia da Atenção às Populações Expostas aos Agrotóxicos.** 1. ed. Curitiba: Sesa, 2018. Disponível em: https://www.saude.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-04/linhaaguaagrototoxicos.pdf. Acesso em: 03 ago. 2025

POLETTI, M.; COLLETTE, L. de P.; OMOTO, C. Compatibilidade de agrotóxicos com os ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae). **BioAssay**, Piracicaba, v. 3, n. 3, p. 1-14, mar. 2008. Disponível em: <https://www.bioassay.org.br/bioassay/article/download/58/90>. Acesso em: 8 out. 2025.

RAIAR ORGÂNICOS. Sobre nós. **Raiar Orgânicos**, Disponível em: <https://www.raiarorganicos.com.br/b2c/sobre-nos>. Acesso em: 7 set. 2025.

RAY, D. K. et al. Climate variation explains a third of global yield variability. **Nature Communications**, [S. l.], v. 6, n. 5989, 2015. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/ncomms6989>. Acesso em: 8 out. 2025.

REDD – **REVISTA ESPAÇO DE DIÁLOGO E DESCONEXÃO**. Araraquara, v. 8, n. 1/2, 2014. Disponível em: <https://periodicos.fclar.unesp.br/redd>. Acesso em: 22 jun. 2025.

REGENERATIVE ORGANIC ALLIANCE. Regenerative Organic Certified: farm like the world depends on it.. Disponível em: <https://regenorganic.org/>. Acesso em: 23 ago. 2025.

REGINATTO, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; MANDRIK, G. **B.** Sistema Plantio Direto Orgânico: uma alternativa para minimizar o impacto ambiental da agricultura e fortalecer a produção de grãos orgânicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**,

Brasília, v. 20, n. 3, p. 337-357, 2025.

SAMBUICHI, R. H. R. *et al.* **A sustentabilidade ambiental da agropecuária brasileira**: impactos, políticas públicas e desafios. Brasília: IPEA, 2012. 47 p. (Texto para Discussão, 1782) . Acesso em: 9 ago. 2025.

SANTANA, V. S.; MOURA, M. C. P.; NOGUEIRA, F. F. Mortalidade por intoxicação ocupacional relacionada a agrotóxicos, 2000-2009, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 47, n. 3, p. 598-606, jun. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rsp/a/tS57NWpLhQVXPWxYQ7Y94mQ/>. Acesso em: 8 ago. 2025.

SARTORI, J. C. K.; RUMPEL, C.; EHLERS, A. L.; PAUSTIAN, K. Climate change mitigation policies in agriculture: An overview of sociopolitical barriers. **WIREs Climate Change**, v. 15, n. 6, p. e916, out. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/wcc.916>. Acesso em: 8 out. 2025

SCHNEPF, E. *et al.* *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, Washington, v. 62, p. 775-806, 1998.

SILVA, E. J.; SIQUEIRA, H. A. A.; SILVA, T. B. M.; CAMPOS, R. M. Baseline susceptibility to chlorantraniliprole of Brazilian populations of *Plutella xylostella*. **Crop Protection** , v. 35, p. 97-101, 2012.

SILVA, G. B.; BOTELHO, M. I. V. O processo histórico da modernização da agricultura no Brasil (1960-1979). **Revista Campo-Território: revista de geografia agrária**, Uberlândia, v. 9, n. 17, p. 362-387, abr. 2014. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/article/view/23084>. Acesso em: 4 ago. 2025..

SILVA, G. A. *et al.* Control failure likelihood and spatial dependence of insecticide resistance in the tomato pinworm, *Tuta absoluta*. **Pest Management Science**, v. 67, p. 913-920, 2011a.

SILVA, P. S. Tecnologia e meio ambiente: o processo de modernização da agricultura familiar. **Revista da Fapese**, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 87-100, jul./dez. 2000.

SILVA, T. B. M. *et al.* Insecticide resistance in brazilian populations of the cotton leaf worm, *Alabama argillacea*. **Crop Protection**, [S. l.], v. 30, p. 1156-1161, 2011b.

SIQUEIRA, D. F. *et al.* Análise da exposição de trabalhadores rurais a agrotóxicos. **Revista Brasileira de Promoção da Saúde**, SIQUEIRA, D. F. *et al.* Análise da exposição de trabalhadores rurais a agrotóxicos. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**, Fortaleza, v. 26, n. 2, p. 182-191, abr./jun. 2013. Disponível em: <https://ojs.unifor.br/RBPS/article/view/2902>. Acesso em: 4 ago. 2025.

SUSTAINABLE LIVING. **Assessing Organic Farming: Costs, Markets, & Profitability**. Wellington: Sustainable Living, Disponível em: <https://sustainableliving.org.nz/assessing-organic-farming-costsmarkets-profitability/>. Acesso em: 22 jun. 2025

THE WALL STREET JOURNAL. Setor agrícola global: corporações como Diageo, Mars e McCain Foods encabeçam projetos piloto de técnicas regenerativas... **The Wall Street Journal**, New York, 2025. Disponível em: <https://www.wsj.com/articles/diageo-apuesta-a-los-mercados-emergentes-1402241343>. Acesso em: 23 ago. 2025.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Partnerships for Climate-Smart Commodities**. Disponível em: <https://www.usda.gov/climate-solutions/climate-smart-commodities>. Acesso em: 23 ago. 2025.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – ECONOMIC RESEARCH SERVICE. Can Brazil meet the world's growing need for ethanol? **Amber Waves**, [S. l.], 1 dez. 2011. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/amber-waves/2011/december/can-brazil-meet-the-world-s-growing-need-for-ethanol/>. Acesso em: 6 ago. 2025

VILELLA, F. M. F.; WAQUIL, M.; VILELA, E. F.; SIEGFRIED, B. D.; FOSTER, J. E. Selection of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (smith) (Lepidoptera: noctuidae) for survival on cry 1a(b) bt toxin. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 3, p. 12-17, 2002a. Disponível em: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v1n3p12-17>. Acesso em: 10 ago. 2025.

VOGT, C. M.; ALCANTARA, A. D.; FOCHEZATTO, A. The economic impact of

organic production in Brazil: A study based on municipal production hotspots. **PLOS ONE**, San Francisco, v. 17, n. 3, e0264095, p. 1-15, mar. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0264095>. Acesso em: 6 ago. 2025.

VOGUE BUSINESS. Moda sustentável: a marca Citizens of Humanity investiu US\$ 1,5 milhão para transição de algodão regenerativo... **Vogue Business**, 2025. Disponível em: <https://www.voguebusiness.com/story/sustainability/can-happier-sheep-make-better-wool>. Acesso em: 23 ago. 2025.

ZILLOTTO, M.; KULMANN-LEAL, B.; ROITMAN, A.; CHIES, J. A. B.; ELLWANGER, J. H. Pesticide Pollution in the Brazilian Pampa: Detrimental Impacts on Ecosystems and Human Health in a Neglected Biome. **Pollutants**, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 280-292, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/pollutants3020020>. Acesso em: 5 out. 2025.