Tecnologia, Inovação e Sustentabilidade no Campo: O Papel das Políticas Públicas no Agro

Technology, Innovation and Sustainability in the Field: The Role of Public Policies in Agriculture

Anna Laura Sampaio Bontempo Teixeira

Camila Lima Camelo

Geovanna França Mota

Giovanna Sampaio Bontempo Teixeira

Lhizzia Ribeiro Dias

RESUMO

O presente estudo analisa a relação entre tecnologia, inovação e sustentabilidade no setor agrícola brasileiro, com ênfase no papel das políticas públicas na mediação entre progresso produtivo e responsabilidade socioambiental. Trata-se de pesquisa qualitativa, de abordagem bibliográfica e documental, que privilegia fontes secundárias, legislação, documentos oficiais e literatura especializada sobre Agricultura 4.0. O objetivo central é compreender como o Estado brasileiro, nas últimas décadas, transitou de indutor direto para facilitador e regulador das inovações tecnológicas no campo, além de identificar os desafios para a construção de um modelo agrícola que concilie produtividade, inclusão socioeconômica e preservação ambiental. Os resultados evidenciam que a trajetória da agricultura brasileira, desde as primeiras mecanizações até a Agricultura 4.0, demonstra a interdependência entre inovação tecnológica e sustentabilidade, dependente da atuação proativa do Estado. Políticas como o PRONARA, PLANAPO e Plano Safra, somadas ao reconhecimento constitucional da função social da propriedade e do direito ao meio ambiente equilibrado, compõem o arcabouço normativo disponível. Contudo, persistem desafios estruturais: a defasagem entre avanço tecnológico e capacidade regulatória, a concentração de benefícios do Agro 4.0 em grandes propriedades devido à falta de conectividade rural, e a insuficiência de fiscalização efetiva, exemplificada pelo crescimento descontrolado de drones para aplicação de agrotóxicos. Conclui-se que o êxito do modelo agrícola sustentável depende da integração entre inovação acessível, fiscalização efetiva e capacitação técnica, tornando indispensável a atuação estatal como elo entre avanço tecnológico e garantia dos direitos fundamentais.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura 4.0. Políticas públicas. Sustentabilidade agrícola. Inovação tecnológica. Função social da propriedade.

ABSTRACT
This study analyzes the relationship between technology, innovation, and sustainability in the Brazilian agricultural sector, with emphasis on the role of public policies in mediating between productive progress and socio-environmental responsibility. It is a qualitative research with bibliographic and documentary approach, which privileges secondary sources, legislation, official documents, and specialized literature on Agriculture 4.0. The central objective is to understand how the Brazilian State, in recent decades, has transitioned from direct inducer to facilitator and regulator of technological innovations in the field, in addition to identifying the challenges for building an agricultural model that reconciles productivity, socioeconomic inclusion, and environmental preservation. The results show that the trajectory of Brazilian agriculture, from the first mechanization processes to Agriculture 4.0, demonstrates the interdependence between technological innovation and sustainability, which depends on the proactive action of the State. Policies such as PRONARA, PLANAPO, and Plano Safra, combined with the constitutional recognition of the social function of property and the right to a balanced environment, comprise the available normative framework. However, structural challenges persist: the gap between technological advancement and regulatory capacity, the concentration of Agriculture 4.0 benefits in large properties due to the lack of rural connectivity, and the insufficiency of effective oversight, exemplified by the uncontrolled growth of drones for pesticide application. It is concluded that the success of the sustainable agricultural model depends on the integration between accessible innovation, effective oversight, and technical training, making State action indispensable as a link between technological advancement and the guarantee of fundamental rights.

KEYWORDS: Agriculture 4.0. Public policies. Agricultural sustainability. Technological innovation. Social function of property.

INTRODUÇÃO

A trajetória da agricultura brasileira ao longo das últimas décadas ilustra uma transformação profunda no modo de produzir no campo. Das primeiras máquinas a vapor às tecnologias digitais contemporâneas (inteligência artificial, internet das coisas e big data), o setor agropecuário consolidou-se como um dos setores de mais rápido crescimento da economia. Desde o início da década de 1950, o país transitou de importador de alimentos para um dos maiores exportadores de produtos agrícolas do mundo.

Entretanto, esse caminho de modernização percorreu as quatro revoluções industriais aplicadas à agricultura, demonstrando que inovação e sustentabilidade estão interligadas: sua realização depende da atuação proativa do Estado na regulamentação e no incentivo a práticas responsáveis. De um lado, as tecnologias emergentes aumentam a produtividade e melhoram a qualidade de vida no campo; de outro, trazem desafios socioambientais que requerem respostas institucionais eficazes.

No contexto atual, a convergência entre agronegócio e ferramentas digitais avançadas, característica da Agricultura 4.0, modifica a forma de gerenciamento, monitoramento e

produção no campo. Tecnologias como drones, sensores, máquinas conectadas e plataformas de gestão agrícola auxiliam produtores na redução de custos e impactos ambientais. Contudo, esses avanços não estão igualmente disponíveis, aprofundando a distância entre grandes e pequenos produtores.

Diante desse cenário, questiona-se se o Estado brasileiro possui instrumentos suficientes para garantir inovação ambientalmente responsável. Políticas públicas como o PRONARA, PLANAPO e Plano Safra, além do reconhecimento constitucional da função social da propriedade e do direito ao meio ambiente equilibrado, compõem a base normativa que direciona o progresso agrícola.

Trata-se de uma pesquisa qualitativa, de abordagem bibliográfica e documental. A análise privilegia fontes secundárias, legislação, documentos oficiais de políticas públicas e literatura especializada sobre Agricultura 4.0 e inovação no agronegócio brasileiro.

Assim, este estudo analisa a relação entre tecnologia, inovação e sustentabilidade no setor agrícola, com foco no papel das políticas públicas. O objetivo é compreender como o governo, nas últimas décadas, mudou de indutor direto para facilitador e regulador, além de identificar desafios para um modelo agrícola que una produtividade, inclusão socioeconômica e responsabilidade ambiental.

DESENVOLVIMENTO

Da mão à máquina

A trajetória histórica da agricultura brasileira evidencia que tecnologia, inovação e sustentabilidade no campo são processos interdependentes que apenas se concretizam mediante o papel ativo do Estado em regulamentar e garantir práticas responsáveis (Santos, 2015, p. 4; Sovis, 2023, p. 8).

A I Revolução Industrial (meados dos séculos XVIII e XIX) introduziu máquinas a vapor no meio rural, impulsionando transformações na produção agrícola. Na sequência, a II Revolução Industrial (século XIX) foi marcada pela eletrificação, pelo uso de motores a combustão e pela produção em massa, o que possibilitou o avanço da mecanização agrícola, com tratores e colheitadeiras substituindo gradualmente o trabalho manual, reduzindo sua penosidade, otimizando o tempo e minorando a dependência dos elementos naturais (SOVIS, 2023, p. 8).

Posteriormente, a III Revolução Industrial (século XX) introduziu a informática, a biotecnologia e a química avançada no campo, promovendo a chamada "Revolução Verde", com o desenvolvimento de sementes geneticamente melhoradas, fertilizantes e defensivos agrícolas, ampliando significativamente a produtividade. Mais recentemente, a IV Revolução Industrial (a partir do século XXI) caracteriza-se pela digitalização e integração de tecnologias como inteligência artificial, internet das coisas e big data, viabilizando a agricultura de precisão e o monitoramento em tempo real das lavouras, o que potencializa a eficiência produtiva aliada à preservação ambiental.

Todavia, os defensivos agrícolas ilustram os limites da inovação desregulada. Destaca-se o DDT, cujo uso foi amplamente difundido durante a Segunda Guerra Mundial como pesticida militar, migrando posteriormente para a agricultura; contudo, sua origem bélica evidencia ambivalência. Também merece destaque o "agente laranja", utilizado nas guerras da Coreia e do Vietnã, responsável pela contaminação ambiental e pelo desenvolvimento de doenças (Machado, 2023, p. 3, 4; Lucchesi, 2005, p. 4).

Nesse contexto de evolução tecnológica, as inovações no campo, quando orientadas pela sustentabilidade, elevam a produtividade e melhoram a qualidade de vida do produtor rural. Tecnologias como agricultura de precisão e sensores aumentam a eficiência do manejo, reduzindo desperdícios e impactos ambientais (INCA, 2022), enquanto os drones otimizam o monitoramento e a aplicação de insumos, tornando o manejo mais estratégico (SENAR, 2018). Além disso, tais avanços promovem maior autonomia ao produtor; contudo, sua efetividade depende da capacitação técnica e do uso responsável, especialmente no manejo integrado de pragas (Costa, 2018, p. 33).

Ao longo dessa trajetória, o Estado implementou políticas públicas voltadas à promoção de uma agricultura mais sustentável, buscando conciliar produtividade, tecnologia e preservação ambiental. Entre essas iniciativas destacam-se o PRONARA (2025), que visa reduzir o uso de agrotóxicos e incentivar a adoção de bioinsumos, e o PLANAPO (2012), que fomenta a transição agroecológica. Nesse contexto, o Manejo Integrado de Pragas (MIP) consolida-se como estratégia fundamental, ao equilibrar produtividade, inovação tecnológica e proteção ambiental (Costa, 2018, p. 33). Paralelamente, políticas de incentivo econômico, como o Plano Safra, o PRONAF e o Garantia Safra, fortalecem a agricultura familiar e contribuem para a consolidação de práticas agrícolas mais responsáveis e sustentáveis.

Evolução da política no agro

Como país importador de alimentos na década de 1950, o Brasil consolidou-se como um dos maiores exportadores globais de produtos agropecuários, mediante articulação entre políticas setoriais, investimentos em pesquisa e adoção de tecnologias digitais (Buainain; Batalha, 2011). O Estado transitou de agente indutor direto para facilitador de inovações e regulador de externalidades socioambientais (Delgado, 1999; Müller, 2018). No contexto do Agro 4.0, essa transição impõe novos desafios de governança e sustentabilidade.

Essa configuração, embora tenha impulsionado a produtividade, gerou dependência de subsídios e desencadeou problemas ambientais, erosão, compactação de solos e contaminação hídrica, que só seriam reconhecidos nas décadas seguintes. A evolução das políticas agrícolas brasileiras percorreu quatro fases distintas. Na Revolução Verde (1950-1980), a criação da Embrapa (1973) institucionalizou a pesquisa científica aplicada às condições tropicais (EMBRAPA, 2023).

O modelo de "verticalização estatal" caracterizava-se pelo forte subsídio ao crédito rural, política de preços mínimos e assistência técnica pública gratuita (Mueller, 2018). Essa configuração impulsionou a produtividade, mas gerou dependência de subsídios e problemas ambientais. O ajuste estrutural (1980-1990) forçou a eliminação dos subsídios e o desmonte das agências estatais, como a extinção da CIBRAZEM.

O mercado passou a disciplinar as decisões produtivas no campo (Delgado, 1999, p. 87). A pressão competitiva estimulou a busca privada por eficiência, criando bases para a modernização do setor (Buainain; Batalha, 2011). Na consolidação do agronegócio moderno (1990-2010), o Plano Safra (2003/2004) estabeleceu instrumento permanente de financiamento combinando recursos públicos e privados (MAPA, 2024).

A expansão sobre o Cerrado e a Amazônia gerou conflitos, respondidos pela Moratória da Soja (2006), por um acordo voluntário de governança privada e pelo Novo Código Florestal (2012) (Greenpeace, 2006). Na transição para o Agro 4.0 (2010-presente), a convergência entre agronegócio e tecnologias digitais impôs desafios regulatórios. A Portaria 298/2021 (MAPA) estabeleceu regras para drones, mas a fiscalização não acompanhou.

Foram registrados 2.223 drones na ANAC contra apenas 19 prestadores no MAPA (Repórter Brasil, 2022). As políticas contemporâneas priorizam sustentabilidade (Pronara, Planapo, bioinsumos), financiamento com critérios ESG (Plano Safra 2024/2025) e inclusão produtiva (PRONAF) (Aires, 2024; MAPA, 2024). Entretanto, persistem desafios de governança: a "chuva de veneno" na Chapada do Apodi, com intoxicações e abortos, demonstra que tecnologia sem fiscalização efetiva viola direitos (Bernardo et al., 2024, p. 82).

A evolução das políticas no agronegócio brasileiro revela três transformações: (i) Estado empresário para regulador; (ii) subsídios generalizados para gestão de riscos; (iii) incorporação de tecnologias digitais e sustentabilidade. O Agro 4.0 representa convergência entre inovação tecnológica e demandas socioambientais.

Entretanto, a defasagem entre inovação e capacidade regulatória, evidenciada na fiscalização de drones, cria riscos para a saúde humana e o meio ambiente. Conclui-se que o sucesso do Agro 4.0 depende de governança capaz de conciliar eficiência produtiva, equidade social e preservação ambiental, mediante educação, capacitação técnica e fiscalização efetiva.

Constituição Federal: Capítulo III, Título VII

Não só a evolução tecnológica influenciou positivamente a produtividade no campo, mas também as políticas públicas têm grande impacto nisso, uma vez que caminham alinhadas aos ideais ecológicos. Com isso, a norma máxima nacional tem grande influência, ao estipular em seus artigos 184 a 191, do Capítulo III, Título VII, da Constituição Federal de 1988, a reforma agrária, o combate à propriedade improdutiva e o fomento à propriedade produtiva.

Logo no art. 184, a CF/88 discorre sobre a desapropriação por interesse social:

> Art. 184. Compete à União desapropriar por interesse social, para fins de reforma agrária, o imóvel rural que não esteja cumprindo sua função social, mediante prévia e justa indenização em títulos da dívida agrária, com cláusula de preservação do valor real, resgatáveis no prazo de até vinte anos, a partir do segundo ano de sua emissão, e cuja utilização será definida em lei. (Brasil, 1988)

Deste modo, observa-se a necessidade de a terra ser produtiva, ecológica e de respeitar as condições básicas de trabalho para que sua função social seja considerada cumprida. Entretanto, não é apenas a terra improdutiva que sofre restrições, a terra produtiva que cumpre sua função social também recebe tratamento constitucional especial, como demonstrado no art. 185 da Carta Magna, que afirma ser insuscetível de desapropriação para fins de reforma agrária a terra que cumpre a função social nos termos da lei, além disso, o parágrafo único desse artigo afirma que “a lei garantirá tratamento especial à propriedade produtiva e fixará normas para o cumprimento dos requisitos relativos a sua função social” (Brasil, 1988).

Moraes (2026, p. 912) demonstra a relação entre a constituição e a terra, descrevendo bem o objetivo do legislador ao elaborar este capítulo da Lei Maior:

> A análise dos requisitos constitucionais leva à conclusão de que a finalidade do legislador constituinte foi garantir um tratamento constitucional especial à propriedade produtiva, vedando-se sua desapropriação e prevendo a necessidade de edição de lei que fixe requisitos relativos ao cumprimento de sua função social. (Moraes, 2026, p. 912)

Em complemento a esse trecho da Constituição brasileira, a Lei nº 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, que regulamenta e disciplina disposições relativas à reforma agrária, previstas neste capítulo da Constituição em apresentação. O art. 6º dessa lei define o que é a propriedade produtiva, sendo "aquela que, explorada economicamente e racionalmente, atinge, simultaneamente, graus de utilização da terra e de eficiência na exploração, segundo índices fixados pelo órgão federal competente" (Brasil, 1993).

Com isso, vê-se que a evolução tecnológica no campo caminha linearmente, a fim de cumprir os requisitos constitucionais de propriedade produtiva e de função social da propriedade. Esse objetivo culmina nas políticas públicas, cujo objetivo e forma foram expostas por Moraes (2026, p. 912):

> A política agrícola será planejada e executada na forma da lei, com a participação efetiva do setor de produção, envolvendo produtores e trabalhadores rurais, bem como dos setores de comercialização, de armazenamento e de transportes, levando em conta, especialmente, os seguintes preceitos: os instrumentos creditícios e fiscais; os preços compatíveis com os custos de produção e a garantia de comercialização; o incentivo à pesquisa e à tecnologia; a assistência técnica e extensão rural; o seguro agrícola; o cooperativismo; a eletrificação rural e irrigação; a habitação para o trabalhador rural.(Moraes, 2026, p. 912)

O doutrinador deixa claro o compromisso real das políticas públicas, sua importância e sua forma constitucional. Reforçando que, no cenário contemporâneo, falar de meio ambiente, produção e sustentabilidade está diretamente ligado à tecnologia bem implantada no campo, onde o resultado desta cumulação de objetivos se traduz no fim comum da constituição e alinha-se aos ideais dos produtores rurais.

Tecnologias que fazem parte da Agricultura 4.0

A agricultura 4.0 consiste em um conjunto integrado de tecnologias que, aplicadas de forma conjunta, promovem uma transformação significativa na atividade agrícola. A utilização dessas ferramentas possibilita aos produtores a realização de monitoramento, planejamento, previsões e tomadas de decisão com maiores taxas de precisão, sempre fundamentadas em dados concretos. Dentre as principais tecnologias, destacam-se:

1. Internet das Coisas (IoT)

Refere-se a utilização de sensores instalados no solo, em máquinas e até em animais, responsáveis pela coleta de dados em tempo real, como temperatura, umidade, nível de nutrientes e movimentação. Esses dispositivos se conectam entre si e transmitem informações para plataformas digitais, permitindo decisões rápidas e fundamentadas (SICREDI, 2025a).

Na prática, a IoT permite um monitoramento contínuo das condições da lavoura. Sensores de umidade do solo, por exemplo, ajudam a programar a irrigação de forma mais eficiente, evitando desperdícios de água. Além disso, sensores meteorológicos instalados na propriedade fornecem dados específicos da região, auxiliando na escolha do melhor momento para atividades como plantio, pulverização e colheita.

2. Inteligência Artificial (IA)

A Inteligência Artificial exerce papel fundamental na análise de grandes volumes de dados, identificando padrões que poderiam passar despercebidos. Por meio dessa tecnologia, o produtor pode prever o surgimento de pragas, otimizar o uso de insumos e automatizar etapas produtivas, como o pré-custeio agrícola, que consiste na aquisição antecipada de insumos essenciais ao plantio (sementes, fertilizantes e defensivos), (SICREDI, 2025a).

O uso dessas tecnologias também contribui para um melhor planejamento da atividade rural. Um exemplo disso é o pré-custeio agrícola, que consiste na aquisição antecipada de insumos essenciais ao plantio. Essa prática permite maior organização financeira e redução de riscos ao longo da safra (SICREDI, 2025b).

3. Big Data e Analytics

A análise de dados permite ao agricultor compreender com maior precisão o comportamento da lavoura, identificar tendências e adotar decisões estratégicas. Isso inclui a definição da quantidade ideal de fertilizantes, como sua aplicação no local e momento mais adequados. (SICREDI, 2025a).

Essas ferramentas possibilitam a comparação entre diferentes safras, ajudando a identificar o que trouxe melhores resultados. Também é possível simular cenários produtivos

considerando variações climáticas ou diferentes estratégias de manejo, o que reduz riscos antes da aplicação em larga escala.

4. Drones e imagens de satélite

Os drones possibilitam o monitoramento de grandes áreas em curto período de tempo, capturando imagens detalhadas que permitem acompanhar o desenvolvimento, identificar falhas no plantio e detectar problemas de forma rápida e precoce, evitando maiores prejuízos. (SICREDI, 2025a).

Além do monitoramento, também são utilizados na aplicação de insumos de forma mais precisa. A pulverização direcionada por GPS contribui para a redução do uso de produtos, diminuindo custos e impactos ambientais, além de aumentar a eficiência da aplicação.

5. Máquinas conectadas e automatizadas

Equipamentos como tratores, colheitadeiras e outros equipamentos modernos podem operar de forma parcial ou totalmente autônoma, ajustando suas atividades com base em dados coletados pelos sensores. Isso contribui para reduzir erros humanos, aumenta a precisão e melhora o desempenho no campo. (SICREDI, 2025a).

Nesse sentido, sistemas de posicionamento global (GNSS) permitem que máquinas realizem suas atividades com alto nível de exatidão, evitando sobreposições e otimizando o uso de recursos. Além disso, essas máquinas enviam dados em tempo real para plataformas de gestão, possibilitando o acompanhamento do desempenho e a realização de ajustes imediatos.

6. Plataformas de gestão agrícola

As plataformas digitais de gestão integram informações essenciais a administração da atividade rural. Por meio desses sistemas, é possível monitorar custos, produtividade, condições climáticas e estoque, centralizando dados em um único ambiente e facilitando a tomada de decisões. (SICREDI, 2025a).

Dessa forma, esses sistemas funcionam como um suporte essencial para a tomada de decisões, oferecendo uma visão mais ampla e organizada da propriedade. Isso facilita o planejamento estratégico e contribui para uma

Relação entre tecnologia, ambiente e política

A relação entre tecnologia, inovação e sustentabilidade no campo brasileiro configura um dos debates mais urgentes da contemporaneidade. A chamada Quarta Revolução Industrial imprimiu ao agronegócio um novo paradigma produtivo, reunindo ferramentas digitais avançadas que reconfiguram o modo de gerir, monitorar e produzir no campo. Esperidiao, Santos e Amarante (2019, p. 2) descrevem o Agro 4.0 como uma realidade que "transforma a rotina do agricultor substituindo o mundo físico para o digital, de forma a proporcionar melhor precisão no monitoramento, controle e rastreabilidade da produção no campo".

A agricultura de precisão utiliza dados em tempo real para maximizar o uso de água, fertilizantes e defensivos, com potencial de reduzir emissões de carbono em até 20% nas propriedades que adotam práticas sustentáveis integradas (McKINSEY, 2024). Entre 2023 e 2024, os drones registrados na ANAC saltaram de 674 para 7.312, crescimento de mais de dez vezes em um ano (Conecta, 2024), mas a fiscalização não acompanhou: a Portaria 298/2021 do MAPA regulamentou o setor, porém apenas 19 prestadores estavam regularizados (Repórter Brasil, 2022).

Esse avanço, contudo, não se distribui de maneira equânime. Cerca de 73% das propriedades rurais brasileiras ainda estão desconectadas da internet (SENSIX BLOG, 2024), restringindo os benefícios do Agro 4.0 às grandes propriedades e aprofundando desigualdades estruturais. Ao mesmo tempo, a expansão agropecuária pressiona o meio ambiente: em 2022, o setor respondia por cerca de 27% das emissões de gases de efeito estufa do país (Agência Brasil, 2024), e o Cerrado já teve 47,9% de sua vegetação nativa suprimida (Agência Brasil, 2025). Projeções estimam que essa degradação pode comprometer 74% das terras agrícolas na fronteira Amazônia-Cerrado até 2060 (CLIMAINFO, 2024).

Diante desse quadro, o papel das políticas públicas torna-se imperativo. O artigo 225 da Constituição Federal de 1988 consagra o meio ambiente ecologicamente equilibrado como direito fundamental de natureza transgeracional, impondo ao Estado o dever de preservá-lo para as presentes e futuras gerações (Brasil, 1988). No plano das políticas de fomento, o Programa RenovAgro financiou a adoção de tecnologias de baixa emissão em 54,03 milhões de hectares, reduzindo 193,67 milhões de toneladas de CO2 equivalente (Conexão Safra, 2024).

O Plano Clima, lançado em 2025, posiciona a agricultura familiar como pilar das estratégias de mitigação ambiental até 2035, com ênfase em bioinsumos e recuperação de áreas degradadas (Broto Notícias, 2025). Ainda assim, sem conectividade rural, assistência técnica universal e fiscalização efetiva, essas políticas não alcançam sua plena efetividade. A inovação

tecnológica é essencial para a eficiência no campo, mas exige, conforme Costa (2018, p. 33), "educação e capacitação dos produtores" e compromisso contínuo do Estado. Sem esse tripé, a sustentabilidade no agro permanece uma promessa incompleta.

CONCLUSÃO

Assim, questiona-se apenas a efetividade destas políticas frente ao desenvolvimento tecnológico e agrário atual, de forma que a eficiência das políticas públicas esteja diretamente ligada à fiscalização e à aplicação abrangente e equitativa delas. Contudo, ainda que essa efetividade enfrente lacunas estruturais, o Brasil dispõe de arcabouço normativo e institucional capaz de orientar o setor agropecuário rumo a um modelo mais justo e sustentável.

A trajetória da agricultura brasileira, das primeiras mecanizações à Agricultura 4.0, evidencia que inovação tecnológica e sustentabilidade são indissociáveis, dependendo da atuação proativa do Estado. Embora políticas públicas voltadas à sustentabilidade e inovação demonstrem esse compromisso, seus resultados ainda se mostram desiguais, especialmente diante das limitações de acesso à tecnologia e à conectividade no meio rural.

Conclui-se, portanto, que o êxito do modelo agrícola brasileiro no século XXI depende da integração entre inovação acessível, fiscalização efetiva e capacitação técnica. Sem esse equilíbrio, a sustentabilidade no agro permanece incompleta, tornando essencial a atuação estatal como elo entre o avanço tecnológico e a garantia dos direitos fundamentais.

REFERÊNCIAS

AGENCIA BRASIL. **Agronegocio ainda esta longe da agenda ambiental**, diz estudo. 2024. Disponivel em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/meio-ambiente/audio/2024-07/agronegocio-ainda-esta-longe-da-agenda-ambiental-diz-estudo>. Acesso em: 02 abr. 2025.

AGENCIA BRASIL. Fronteira Cerrado: **o agronegocio entre desenvolvimento e destruicao. 2025.** Disponivel em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/meio-ambiente/noticia/2025-11/fronteira-cerrado-o-agronegocio-entre-desenvolvimento-e-destruicao>. Acesso em: 02 abr. 2025.

AIRES, Rafaella. **Bioinsumos**: saiba o que são e como é o seu uso na agricultura. Aliare, 2024.

BERNARDO, Jurema Machado et al. **A resistência das comunidades à pulverização aérea de agrotóxicos.** In: FRANÇA, Daniel Barbosa; TAVARES, Pedro; TAVARES, Thainá. (Org.). Agrotóxicos e injustiça ambiental no Brasil. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2024. p. 77-98.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF, 1988.

BRASIL. Lei nº 8.629, de 25 de fevereiro de 1993. **Regulamenta e disciplina disposições relativas à reforma agrária**, previstas no Capítulo III, Título VII, da Constituição Federal. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 fev. 1993. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8629.htm>. Acesso em: 4 abr. 2026.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 298, de 22 de setembro de 2021. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 set. 2021.

BROTO NOTICIAS. **Plano Clima na agricultura familiar**: nova politica federal traca rota de adaptacao ate 2035. 2025. Disponivel em: <https://noticias.broto.com.br/clima/plano-clima-agricultura-familiar-adaptacao-mitigacao>. Acesso em: 02 abr. 2025.

BUAINAIN, Antônio M.; BATALHA, Mário O. (Org.). **Agricultura brasileira: desempenho, competitividade e sustentabilidade.** Brasília: Embrapa, 2011.

CLIMAINFO. **Agronegocio alimenta crise climatica, que pode inviabilizar 74% das terras agricolas na Amazonia e no Cerrado**. 2024. Disponivel em: <https://climainfo.org.br/2024/07/17/agronegocio-alimenta-crise-climatica-que-pode-inviabilizar-74-das-terras-agricolas-na-amazonia-e-no-cerrado/>. Acesso em: 02 abr. 2025.

CONECTA AGRO BRASIL. **Drones, sensores e tratores**: a revolucao tecnologica do agro brasileiro. 2025. Disponivel em: <https://conectaagrobrasil.com.br/tecnologia/drones-sensores-e-tratores-a-revolucao-tecnologica-do-agro-brasileiro/>. Acesso em: 02 abr. 2025.

COSTA, R. **Manejo integrado de pragas**. Rio de Janeiro: Editora Verde, 2018.
DELGADO, Guilherme C. O agronegócio e a questão agrária no Brasil. São Paulo: Xamã, 1999.

EMBRAPA. História e trajetória da pesquisa agropecuária no Brasil. Brasília, 2023.

GREENPEACE. **Comunicado de imprensa**: moratória da soja. São Paulo, 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA (INCA). **Agrotóxico**s. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/causas-e-prevencao-do-cancer/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/agrotoxico>. Acesso em: 08 abr. 2026.

MAPA. **Plano Safra 2024/2025**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2024.

MORAES, Alexandre de. Direito Constitucional - 42ª Edição 2026. 42. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2026. E-book. p.912. ISBN 9786559778683. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786559778683/>. Acesso em: 07 abr. 2026.

MÜLLER, Guilherme. Políticas públicas para a agricultura familiar no Brasil. Brasília: Contag, 2018.

REPÓRTER BRASIL. Sem fiscalização adequada, cresce uso de drones para aplicar agrotóxicos. Repórter Brasil, 2 maio 2022.

SENAR. Agricultura de precisão: drones. Brasília: Serviço Nacional de Aprendizagem Rural, 2018.

SICREDI. Agricultura 4.0: saiba o que é, benefícios e tecnologias. 27 jun. 2025a. Blog Tecnologia no Agro. Disponível em: <https://www.sicredi.com.br/site/blog/tecnologia-no-agro/agricultura-4-0/>. Acesso em: 7 abr. 2026.

SICREDI. Pré-custeio agrícola ou custeio antecipado: como otimizar sua safra. 25 fev. 2025b. Blog Gestão Rural. Disponível em: <https://www.sicredi.com.br/site/blog/gestao-rural/custeio-antecipado/>. Acesso em: 1 abr. 2026.

Reiva Revista