

TECNOLOGIAS INOVADORAS NO CULTIVO DE SOJA: Desafios e oportunidades para a sustentabilidade no setor agropecuário

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN SOYBEAN CULTIVATION: Challenges and opportunities for sustainability in the agricultural sector

Guilherme Baptista Luiz – guibap.luiz14@gmail.com
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) – Taquaritinga – SP – Brasil

Alessandra Carla Furlanetti – furlanetti.af@gmail.com
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) – Taquaritinga – SP – Brasil

DOI: 10.31510/infa.v22i1.2239
Data de submissão: 10/04/2025
Data do aceite: 26/06/2025
Data da publicação: 30/06/2025

RESUMO

O cultivo da soja tem se consolidado como uma das atividades mais estratégicas para o agronegócio mundial, especialmente no Brasil, onde representa importante fonte de geração de renda, exportações e desenvolvimento regional. Diante da crescente demanda global por alimentos e da necessidade de preservar os recursos naturais, torna-se imprescindível adotar tecnologias que conciliem produtividade e sustentabilidade. Este estudo teve como objetivo analisar as tecnologias inovadoras aplicadas ao cultivo da soja e suas contribuições para a sustentabilidade no setor agropecuário. Considerando o protagonismo do Brasil como um dos maiores produtores e exportadores mundiais de soja, a pesquisa buscou compreender de que forma as inovações como agricultura de precisão, biotecnologia, bioinsumos, sistemas integrados de produção e as tecnologias digitais que vêm sendo utilizadas para aumentar a produtividade, reduzir impactos ambientais e promover o uso eficiente dos recursos naturais. A metodologia adotada foi a revisão de literatura, com base em estudos científicos, relatórios institucionais e publicações acadêmicas recentes. Pequenos e médios produtores enfrentam barreiras como altos custos, falta de acesso à informação e infraestrutura limitada, o que reforça a necessidade de políticas públicas inclusivas. Conclui-se que a sustentabilidade no cultivo da soja depende não apenas do avanço tecnológico, mas também da democratização do acesso às inovações, da valorização do conhecimento local e do fortalecimento de práticas que integrem produtividade, conservação ambiental e justiça social no campo.

Palavras-chave: Soja. Inovação. Agricultura. Precisão.

ABSTRACT

Soybean cultivation has become one of the most strategic activities for global agribusiness, especially in Brazil, where it represents an important source of income generation, exports and regional development. Given the growing global demand for food and the need to preserve natural resources, it is essential to adopt technologies that combine productivity and sustainability. This study aimed to analyze innovative technologies applied to soybean cultivation and their contributions to sustainability in the agricultural sector. Considering Brazil's leading role as one of the world's largest producers and exporters of soybeans, the research sought to understand how innovations such as precision agriculture, biotechnology, bioinputs, integrated production systems and digital technologies have been used to increase productivity, reduce environmental impacts and promote the efficient use of natural resources. The methodology adopted was a literature review, based on scientific studies, institutional reports and recent academic publications. Small and medium-sized producers face barriers such as high costs, lack of access to information and limited infrastructure, which reinforces the need for inclusive public policies. It is concluded that sustainability in soybean cultivation depends not only on technological advancement, but also on the democratization of access to innovations, the valorization of local knowledge and the strengthening of practices that integrate productivity, environmental conservation and social justice in the field.

Keywords: Soy. Soy. Innovation. Agriculture. Precision.

1. INTRODUÇÃO

O cultivo da soja representa um dos pilares do agronegócio global, sendo essencial para a economia de diversos países, especialmente o Brasil, que se destaca como um dos maiores produtores e exportadores do grão, a crescente demanda por produtividade e eficiência enfrenta desafios significativos, como a degradação ambiental, a escassez de recursos naturais e as mudanças climáticas, a adoção de tecnologias inovadoras no cultivo da soja surge como uma alternativa essencial para garantir a sustentabilidade do setor agropecuário, promovendo maior eficiência produtiva e reduzindo impactos ambientais.

Nos últimos anos, avanços como a agricultura de precisão, uso de bioinsumos, biotecnologia, sistemas integrados de produção e a digitalização do campo têm transformado a forma como a soja é cultivada. Essas inovações possibilitam a otimização do uso de insumos, melhoria da qualidade do solo e o aumento da resistência das plantas a pragas e doenças, reduzindo a necessidade do uso excessivo de agrotóxicos. Além disso, a implementação de práticas sustentáveis pode contribuir para a conservação da biodiversidade e para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa, alinhando a produção agrícola às diretrizes da sustentabilidade global.

A inovação tecnológica tem sido um dos pilares para a evolução da produção agrícola, permitindo ganhos expressivos de produtividade e eficiência no uso dos recursos naturais. No caso da soja, um dos principais produtos do agronegócio mundial, adoção de tecnologias inovadoras pode contribuir significativamente para a redução de impactos ambientais, o manejo sustentável do solo e o uso racional de insumos como fertilizantes e agrotóxicos.

O Brasil, como um dos maiores produtores e exportadores de soja, tem desafios complexos relacionados à sustentabilidade, como o desmatamento, degradação do solo e o uso intensivo de recursos hídricos. Nesse contexto, é essencial compreender quais tecnologias podem mitigar esses problemas e ao mesmo tempo garantir a competitividade do setor. A pesquisa se justifica, portanto, pela necessidade de ampliar o conhecimento sobre o papel das inovações tecnológicas no cultivo da soja e identificar estratégias para sua implementação eficiente e sustentável.

Esta investigação pode fornecer subsídios para produtores, pesquisadores e formuladores de políticas públicas ao abordar os desafios práticos da adoção dessas tecnologias e suas implicações ambientais e econômicas. O estudo também contribui para a literatura acadêmica ao reunir e analisar informações sobre as mais recentes inovações aplicadas à cultura da soja, apontando tendências e oportunidades para o futuro do setor.

Este estudo busca analisar as principais tecnologias inovadoras aplicadas ao cultivo da soja, investigando seus benefícios e limitações no contexto da sustentabilidade agropecuária. O objetivo é fornecer uma visão abrangente sobre como essas inovações podem contribuir para um modelo de produção mais eficiente, resiliente e ambientalmente responsável, conciliando os desafios econômicos, ecológicos e sociais enfrentados pelo setor agropecuário contemporâneo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Cultura da Soja

A soja (*Glycine max*) é atualmente uma das culturas agrícolas mais relevantes no cenário mundial, sendo base para a produção de alimentos, rações animais, biocombustíveis e insumos industriais. Seu cultivo tem experimentado uma expansão significativa nas últimas décadas, impulsionado pela crescente demanda global por proteínas vegetais e pelo dinamismo do mercado internacional de commodities agrícolas. Conforme destacam Embrapa (2020) e

Almeida et al. (2019), a soja se consolidou como um produto estratégico para a segurança alimentar e energética, desempenhando papel fundamental na economia de diversos países.

A importância econômica da soja ultrapassa fronteiras e atinge diretamente o setor agropecuário brasileiro, onde a cultura é considerada um dos motores do agronegócio nacional. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento – Conab (2023), a área plantada de soja no Brasil tem crescido progressivamente, assim como a produtividade média por hectare, devido ao uso de cultivares melhoradas geneticamente, à mecanização e ao avanço das práticas de manejo. Em regiões como o Centro-Oeste, a soja domina a paisagem agrícola, sendo responsável por grande parte das exportações e pela geração de empregos diretos e indiretos (Silva; Rodrigues, 2021).

Além de sua relevância econômica, a soja também exerce grande influência sobre os aspectos ambientais e sociais das regiões produtoras. A expansão da cultura tem sido frequentemente associada à conversão de áreas naturais, como o Cerrado e Amazônia, em terras agricultáveis, o que acarreta impactos ecológicos importantes, como a perda de biodiversidade, o comprometimento dos recursos hídricos e a emissão de gases de efeito estufa (Castro; Mendonça, 2020). Por isso, pesquisadores e instituições vêm destacando a necessidade de incorporar práticas sustentáveis ao cultivo da soja, que possibilitem conciliar o aumento da produção com a conservação ambiental (Ferreira; Nascimento, 2018).

No contexto mundial, países como Estados Unidos, Brasil, Argentina e China figuram entre os principais produtores e consumidores de soja. Os Estados Unidos, historicamente líderes na produção, vêm sendo acompanhados de perto pelo Brasil, que tem ampliado de forma expressiva sua área plantada, produtividade e exportações. Segundo dados da Conab (2023), o Brasil lidera o ranking mundial de exportação de soja em grão, respondendo por mais de 50% das exportações globais nos últimos anos. Esse avanço se deve a uma combinação de fatores, como disponibilidade de terras agricultáveis, investimentos em pesquisa agrícola e adoção de tecnologias produtivas.

No Brasil, o cultivo da soja concentra-se nas regiões Centro-Oeste, Sul e, mais recentemente, tem se expandido para áreas do Norte e do Nordeste, como o Matopiba (região que engloba partes do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia). Essa expansão territorial tem provocado mudanças importantes no uso e ocupação do solo, intensificando debates sobre a sustentabilidade ambiental e social do agronegócio. De acordo com Silva; Lima (2021), a ocupação de novas áreas para o cultivo de soja está frequentemente associada ao desmatamento

de biomas sensíveis, como o Cerrado e a Amazônia, levantando preocupações quanto ao equilíbrio entre produção e conservação.

O desenvolvimento científico e tecnológico aplicado ao cultivo da soja no Brasil tem sido um fator determinante para o sucesso da cultura. A importância econômica da soja também reflete em sua forte presença nas exportações brasileiras. Em 2022, por exemplo, o complexo soja, que inclui grão, farelo e óleo foi responsável por mais de US\$ 60 bilhões em exportações, representando uma das principais fontes de divisas do país (Mapa, 2023). Tal desempenho reforça a relevância estratégica da cultura para a balança comercial e o fortalecimento do setor agropecuário como um todo.

Compreender o panorama atual do cultivo da soja, tanto no Brasil quanto no mundo, é essencial para a análise dos caminhos que levam à construção de um modelo agropecuário mais sustentável. O setor encontra-se diante de uma encruzilhada: continuar expandindo com base em modelos convencionais ou transformar-se por meio da inovação, respeitando os limites ecológicos e sociais dos territórios em que se insere.

2.2 Aumento da Produção de Soja no Brasil e no Mundo

A produção de soja tem apresentado um crescimento expressivo nas últimas décadas, consolidando-se como uma das atividades agrícolas mais dinâmicas do mundo. Esse aumento está diretamente relacionado à crescente demanda global por proteínas vegetais, especialmente para alimentação animal, produção de óleo vegetal e fabricação de biocombustíveis. A soja tornou-se, assim, um dos principais produtos agrícolas das economias exportadoras, como os Estados Unidos, Brasil e Argentina, países que, juntos, respondem por mais de 80% da produção mundial do grão (FAO, 2022).

No cenário global, os Estados Unidos lideraram historicamente a produção de soja, mas nas últimas décadas o Brasil tem se destacado como grande concorrente e, em alguns ciclos, ultrapassado os norte-americanos em volume produzido e exportado. Segundo dados da Conab (2023), o Brasil colheu, na safra 2022/2023, aproximadamente 154,6 milhões de toneladas de soja, consolidando-se como o maior produtor mundial da leguminosa. Esse desempenho é resultado da expansão da área cultivada, do desenvolvimento de cultivares adaptadas a diferentes biomas, da mecanização agrícola e do uso crescente de tecnologias inovadoras voltadas ao aumento da eficiência produtiva.

Apesar desses desafios, a soja segue como peça-chave no sistema agroalimentar global e na balança comercial de países exportadores. Para que esse crescimento continue sendo

sustentável, é necessário aliar produtividade e responsabilidade ambiental, promovendo políticas públicas, incentivos à adoção de boas práticas agrícolas e a disseminação de tecnologias que preservem os recursos naturais e promovam a inclusão social no campo. Como destacam Santos; Oliveira (2022), o futuro da soja depende da capacidade de equilibrar a eficiência produtiva com a conservação ambiental e o respeito às comunidades rurais.

2.2 Tecnologias Inovadoras no Cultivo de Soja: desafios e oportunidades para a sustentabilidade no setor agropecuário

O avanço das tecnologias agrícolas nas últimas décadas tem transformado significativamente o cultivo da soja, permitindo ganhos expressivos de produtividade e eficiência no uso de recursos naturais. As inovações tecnológicas, quando bem aplicadas, representam oportunidades fundamentais para a construção de um modelo de produção mais sustentável, capaz de atender à crescente demanda global por alimentos sem comprometer a integridade dos ecossistemas. No entanto, o processo de modernização tecnológica no setor agropecuário também impõe desafios complexos, que exigem um olhar crítico e estratégias integradas de desenvolvimento rural, ambiental e econômico.

Entre as principais tecnologias inovadoras utilizadas no cultivo da soja, destacam-se a agricultura de precisão, o uso de bioinsumos, a biotecnologia aplicada ao melhoramento genético, os sistemas integrados de produção (como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta – ILPF), o monitoramento remoto via satélite e a automação agrícola. Tais recursos possibilitam um controle mais eficiente das lavouras, promovendo o uso racional de insumos, a redução de perdas e o aumento da produtividade com menor impacto ambiental (Machado; Costa, 2021). A biotecnologia, por exemplo, tem sido crucial para o desenvolvimento de cultivares resistentes a pragas, doenças e estresses climáticos, contribuindo para a estabilidade da produção mesmo diante de cenários adversos (Nascimento; França, 2020).

As oportunidades associadas às tecnologias inovadoras são expressivas. O desenvolvimento de soluções baseadas em dados e inteligência artificial tem permitido diagnósticos mais precisos das lavouras, otimizando o uso de água, fertilizantes e agrotóxicos. A agricultura digital, aliada ao uso de sensores e drones, amplia a capacidade de monitoramento em tempo real, promovendo decisões mais ágeis e eficazes por parte dos produtores (Pereira et al., 2023).

Dessa forma, o cultivo da soja se encontra em um momento crucial de transformação, no qual as tecnologias inovadoras podem ser grandes aliadas na transição para sistemas

agrícolas mais sustentáveis, resilientes e inclusivos. Para que esse potencial seja plenamente aproveitado, é necessário que haja investimentos contínuos em pesquisa, extensão rural, educação tecnológica e políticas de incentivo à inovação no campo, promovendo um modelo agropecuário que une produtividade, equidade social e conservação ambiental.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia adotada para este estudo foi a revisão da literatura, caracterizada pela análise crítica e sistemática de publicações acadêmicas previamente elaboradas sobre o tema das tecnologias inovadoras no cultivo da soja e sua relação com a sustentabilidade agropecuária. Essa abordagem permite reunir, organizar e interpretar os conhecimentos já existentes, identificando tendências, lacunas e contradições na produção científica. O levantamento bibliográfico foi realizado em bases de dados renomadas, como Scielo, ScienceDirect e Google Scholar, priorizando materiais publicados nos últimos dez anos que abordassem temáticas como agricultura de precisão, biotecnologia, bioinsumos, sensores remotos, sistemas integrados de produção e manejo sustentável dos recursos naturais. A seleção das fontes levou em consideração sua relevância, atualidade e rigor metodológico.

Após a seleção, realizou-se uma análise crítica dos materiais, com foco na identificação das tecnologias mais aplicadas ao cultivo da soja, seus benefícios para a sustentabilidade e os principais desafios enfrentados pelos produtores na sua adoção. A síntese dos resultados buscou destacar as inovações mais promissoras e os impactos sociais, econômicos e ambientais da sua aplicação, bem como as barreiras à sua difusão, como altos custos, infraestrutura precária e resistência à mudança. A escolha pela revisão da literatura mostrou-se adequada por permitir a construção de uma base sólida de conhecimento, contribuindo para um panorama informativo sobre as possibilidades de transformação sustentável da agricultura por meio da inovação tecnológica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos estudos selecionados por meio da revisão da literatura evidenciou que o cultivo da soja tem passado por um intenso processo de transformação tecnológica, que influencia diretamente a sustentabilidade ambiental, econômica e social do setor agropecuário. Um dos principais resultados observados é o impacto positivo da adoção da agricultura de precisão, que permite o uso mais eficiente dos insumos agrícolas, como fertilizantes, sementes e agrotóxicos, por meio da coleta e análise de dados em tempo real. Conforme apontado por

Machado; Costa (2021), essa tecnologia contribuiu para a redução de desperdícios e o aumento da produtividade, ao mesmo tempo em que minimiza os impactos ambientais.

A biotecnologia também se revelou como um vetor de inovação central no cultivo da soja. O uso de sementes geneticamente modificadas resistentes a pragas e tolerantes a herbicidas tem proporcionado maior segurança na produção, mesmo em regiões sujeitas a adversidades climáticas. Segundo Nascimento; França (2020), o melhoramento genético aplicado à soja tem permitido safras mais estáveis, com redução do uso de agrotóxicos, o que, por sua vez, representa um avanço importante no controle da poluição ambiental e na preservação da saúde humana e animal.

Os estudos revelam que a implementação dessas tecnologias inovadoras ainda é desigual entre os diferentes perfis de produtores rurais. A modernização tecnológica tende a beneficiar principalmente grandes propriedades, que dispõem de capital para investimento e acesso facilitado à assistência técnica. Já os pequenos produtores enfrentam barreiras relacionadas ao custo elevado dos equipamentos, à falta de infraestrutura tecnológica e à carência de capacitação profissional. De acordo com Silva; Andrade (2022), essas limitações intensificam a exclusão digital no meio rural e representam um obstáculo à democratização das inovações.

Sendo assim os resultados indicam que, embora tais tecnologias apresentem elevado potencial para transformar o modelo produtivo da soja em uma atividade mais sustentável, sua adoção ainda é desigual, concentrando-se em grandes propriedades.

Esse cenário de desigualdade tecnológica gera uma concentração de benefícios produtivos e econômicos em regiões e propriedades mais desenvolvidas, enquanto amplia a vulnerabilidade de produtores que, apesar de desempenharem papel essencial na produção de alimentos, carecem de apoio para modernizar seus sistemas produtivos. Para Gonçalves; Lima (2021), é fundamental que políticas públicas direcionadas à agricultura familiar promovam não apenas o acesso ao crédito e ao financiamento de tecnologias, mas também a inclusão digital e a formação técnica continuada, garantindo que a inovação não se restrinja a um grupo privilegiado, mas alcance todo o setor agropecuário.

Outro ponto amplamente discutido na literatura diz respeito à importância das práticas sustentáveis no contexto do uso das tecnologias. A mera introdução de recursos tecnológicos, sem um manejo adequado, pode gerar consequências negativas, como a compactação do solo, dependência química e a perda de diversidade genética. Gonçalves; Lima (2021) ressaltam que a sustentabilidade no cultivo da soja requer uma combinação entre tecnologia e boas práticas agrícolas, como rotação de culturas, plantio direto e a preservação de áreas de vegetação nativa.

A digitalização da agricultura, com a utilização de softwares, drones e sensores remotos, também demonstraram resultados positivos na gestão das lavouras de soja. Ferramentas digitais auxiliam no monitoramento da umidade do solo, na detecção precoce de pragas e doenças, e na tomada de decisões estratégicas, otimizando o uso de recursos e reduzindo os custos de produção. Segundo Pereira et al. (2023), a integração dessas tecnologias à rotina do campo melhora o desempenho econômico das propriedades e contribui para a rastreabilidade e certificação da produção, aspectos cada vez mais exigidos pelo mercado internacional.

Observa-se que, embora os desafios sejam significativos, as oportunidades criadas pelas tecnologias inovadoras são igualmente promissoras. O desenvolvimento de políticas públicas voltadas à pesquisa, à capacitação técnica e à inclusão digital no campo é essencial para ampliar o alcance dessas soluções. Como afirmam Santos; Oliveira (2022), o futuro sustentável da produção de soja depende do equilíbrio entre inovação, equidade social e conservação ambiental, o que exige esforços conjuntos entre produtores, governos, instituições de pesquisa e o setor privado.

Os resultados deste estudo apontam que as tecnologias inovadoras têm potencial para transformar o cultivo da soja em uma atividade mais eficiente e sustentável. No entanto, para que esse potencial se concretize de forma ampla e equitativa, é necessário superar os desafios estruturais e promover uma transição tecnológica que seja acessível, responsável e ambientalmente orientada.

A plena implementação de inovações no campo não deve considerar apenas os ganhos de produtividade, mas também os impactos sociais e ambientais associados. Segundo Gonçalves; Lima (2021), a inovação no agronegócio precisa estar alinhada a princípios de justiça social e conservação ambiental, de modo a garantir que os avanços tecnológicos não aprofundem desigualdades, mas atuem como instrumentos de transformação positiva e inclusiva no meio rural. Isso implica fomentar políticas públicas que viabilizem o acesso dos pequenos e médios produtores às novas tecnologias, criando condições para que estes também possam produzir de forma sustentável e competitiva.

A orientação ambiental da inovação tecnológica é essencial para enfrentar os desafios contemporâneos da agricultura, como as mudanças climáticas, a escassez hídrica e a degradação do solo. Como destacaram Santos e Oliveira (2022), tecnologias que favorecem a redução do uso de insumos químicos, a recuperação de áreas degradadas e o uso eficiente da água não apenas melhoram o desempenho ambiental das lavouras, mas também fortalecem a resiliência do sistema agrícola frente às incertezas climáticas. Tais práticas são cada vez mais valorizadas

nos mercados internacionais, que exigem produtos com origem rastreável e responsabilidade socioambiental.

No entanto, para que essa transformação ocorra de maneira sistêmica, é indispensável investir em pesquisa e extensão rural. A atuação de instituições como a Embrapa tem sido fundamental na geração e disseminação de conhecimentos voltados à sustentabilidade no cultivo da soja, mas é necessário ampliar a capilaridade dessas iniciativas, de modo que os resultados da ciência cheguem efetivamente aos diversos perfis de produtores. De acordo com Machado; Costa (2021), a inovação só cumpre seu papel quando é socialmente apropriada, ou seja, quando se torna aplicável na prática agrícola cotidiana de quem produz.

Dessa forma, é importante compreender que a sustentabilidade na agricultura não depende apenas da inovação tecnológica, mas da integração entre tecnologia, gestão, conhecimento tradicional e responsabilidade ética. Nascimento; França (2020) argumentam que o futuro do cultivo da soja está diretamente vinculado à capacidade de promover uma agricultura regenerativa, que respeite os limites dos ecossistemas e valorize os saberes locais. Assim, a transição para um modelo de produção mais sustentável passa pela construção coletiva de soluções, pelo diálogo entre ciência e sociedade e pela adoção de estratégias que contemplem simultaneamente produtividade, inclusão e preservação ambiental.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo permitiu compreender que as tecnologias inovadoras no cultivo da soja representam uma das principais estratégias para promover a sustentabilidade no setor agropecuário. A incorporação de recursos como agricultura de precisão, biotecnologia, bioinsumos, sistemas integrados de produção e as ferramentas digitais têm contribuído significativamente para o aumento da produtividade, a racionalização do uso de insumos e a mitigação dos impactos ambientais. Essas tecnologias também se mostram promissoras na adaptação da agricultura às mudanças climáticas e às novas exigências dos mercados consumidores, que cada vez mais valorizam práticas responsáveis e rastreáveis.

Os resultados também indicam que adoção dessas inovações ainda enfrenta diversos desafios, especialmente no que se refere à desigualdade de acesso entre produtores. Pequenos e médios agricultores esbarram em dificuldades relacionadas à infraestrutura, ao financiamento e à capacitação técnica, o que limita a democratização da inovação e compromete a inclusão social no campo. Para que as tecnologias cumpram plenamente seu papel transformador, é fundamental que políticas públicas eficazes garantam o acesso equitativo às ferramentas

tecnológicas, promovendo a integração entre conhecimento científico, assistência técnica e valorização dos saberes locais.

A sustentabilidade no cultivo da soja não pode ser analisada apenas sob a ótica da produtividade, mas deve considerar os aspectos ambientais e sociais que envolvem atividade agrícola. A transição para modelos mais sustentáveis exige um esforço conjunto entre produtores, pesquisadores, instituições públicas e privadas, e a sociedade como um todo, visando à construção de um agronegócio que respeite os limites dos ecossistemas, valorize a diversidade socioeconômica do campo e assegure a produção de alimentos de forma ética e responsável.

Desta forma, inovação tecnológica, quando aliada à gestão consciente dos recursos naturais e ao fortalecimento das redes de apoio aos agricultores, pode ser um importante catalisador para a consolidação de uma agricultura mais justa, resiliente e sustentável, capaz de responder aos desafios do presente e do futuro do setor agropecuário.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. B.; SOUZA, R. F.; LIMA, M. C. Produção agrícola e sustentabilidade: uma análise da cadeia da soja no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 3, p. 393–410, 2019.
- ALMEIDA, J. F.; SOUZA, R. C. Agricultura de precisão e sustentabilidade na produção de soja no Brasil. **Revista Ciência Agrícola**, v. 18, n. 2, p. 221–234, 2020.
- ANDRADE, D. S.; OLIVEIRA, J. P. Práticas sustentáveis no cultivo da soja: uma revisão de literatura. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 15, n. 2, p. 112–125, 2020.
- BACCARIN, José Giacomo. Avanço da área, mudanças tecnológicas e ocupação canavieira e agropecuária no estado de São Paulo. In: BACCARIN, José Giacomo. **Expansão e mudanças tecnológicas no agronegócio canavieiro: impactos na estrutura fundiária e na ocupação agropecuária no estado de São Paulo**. São Paulo: Editora Unesp, 2019. p. 127-185. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/x6gng/pdf/baccarin-9788595463349-05.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2025. books.scielo.org+6books.scielo.org+6books.scielo.org+6
- BÜHLER, Eve Anne; GUIBERT, Martine; OLIVEIRA, Valter Lúcio de (Orgs.). **Entre diferentes modelos de agriculturas empresariais na América do Sul: transformações, contrastes e desafios**. São Paulo: Editora Unesp, 2019. 281 p. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/3k9jk/pdf/buhler-9786557250044.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2025.
- CASTRO, R. L.; MENDONÇA, M. L. Avanço da soja e impactos sobre o uso do solo em regiões de expansão agrícola. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 3, p. 897–912, 2021.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos – Safra 2022/2023**. Brasília: Conab, 2023.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Soja no Brasil: histórico, avanços e perspectivas**. Brasília: EMBRAPA, 2020.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **World food and agriculture – Statistical Yearbook 2022**. Rome: FAO, 2022.

GONÇALVES, R. M.; LIMA, A. L. Sustentabilidade no cultivo da soja: práticas de manejo e conservação ambiental. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 16, n. 2, p. 45–59, 2021.

HAYASHI, Marilia Prado; SILVA, Silvio Roberto da (Orgs.). **Apropriação social da ciência e da tecnologia: desafios para a educação científica e tecnológica**. São Paulo: Editora Unesp, 2014. 240 p. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/j76hp/pdf/hayashi-9788578791872.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2025.

LOBÃO, José Augusto Teixeira; FERREIRA, Leila da Costa (Orgs.). **Ciências ambientais e interdisciplinaridade: teoria e prática no diálogo entre saberes**. Campinas: Editora Unicamp, 2021. 360 p. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/365ff/pdf/lobao-9786589524939.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2025.

MACHADO, F. R.; COSTA, D. S. Inovações tecnológicas no agronegócio e seus impactos na sustentabilidade do setor. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 38, n. 1, p. 13–30, 2021.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Balança Comercial do Agronegócio – 2022**. Brasília: MAPA, 2023.

NASCIMENTO, L. H.; FRANÇA, A. L. Biotecnologia e produção de soja no Brasil: avanços e perspectivas. **Revista de Agricultura e Sustentabilidade**, v. 12, n. 4, p. 88–101, 2020.

PEREIRA, T. F.; SANTOS, G. R.; MORAES, E. R. Agricultura digital e os desafios da sustentabilidade no setor agropecuário brasileiro. **Revista Extensão Rural**, v. 30, n. 1, p. 66–80, 2023.

PEREZ-CASSARINO, Julian; TRICHES, Rozane Marcia; BACCARIN, José Giacomo; TEO, Carla Rosane Paz Arruda (Orgs.). **Abastecimento alimentar: redes alternativas e mercados institucionais**. Chapecó: Editora UFFS; Praia, Cabo Verde: UNICV, 2018. 322 p. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/85pnz/pdf/perez-9788564905726.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2025.

SANTOS, V. H.; OLIVEIRA, P. L. Sustentabilidade na produção de soja: desafios e perspectivas para o Brasil. **Revista Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 5, n. 1, p. 48–63, 2022.

SILVA, M. R.; LIMA, G. C. Expansão da fronteira agrícola no Cerrado e seus impactos socioambientais. **Revista NERA**, v. 24, n. 54, p. 54–73, 2021.

SILVA, V. P.; ANDRADE, J. M. Desafios da inovação tecnológica no meio rural: inclusão, capacitação e acesso. **Revista de Políticas Públicas Rurais**, v. 4, n. 1, p. 25–38, 2022.