

INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA PRODUÇÃO DE SOJA: IMPACTOS NA PRODUTIVIDADE E SUSTENTABILIDADE

TECHNOLOGICAL INNOVATIONS IN SOYBEAN PRODUCTION: IMPACTS ON PRODUCTIVITY AND SUSTAINABILITY

Andressa Neves REIS

ORCID: <https://orcid.org/0009000824196817>

Instituto Educacional Santa Catarina Faculdade Guarai (IESC/FAG)

E-mail: andressanreis1@gmail.com

Matheus Bonifácio BOSSLER

ORCID: <https://orcid.org/0009000144514367>

Instituto Educacional Santa Catarina Faculdade Guarai (IESC/FAG)

E-mail: matheusbonifacio66@gmail.com

Israel Barbosa LIMA

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1774-870X>

Instituto Educacional Santa Catarina Faculdade Guarai (IESC/FAG)

E-mail: israel.lima@iescfag.edu.br

Dhiogo Thomaz Costa LOBATO

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4150-8914>

Instituto Educacional Santa Catarina Faculdade Guarai (IESC/FAG)

E-mail: dhiogo.lobato@iescfag.edu.br

Natanael Gomes LIMA

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8183-3642>

Instituto Educacional Santa Catarina Faculdade Guarai (IESC/FAG)

E-mail: leanatantk20@hotmail.com

RESUMO

Este estudo examina como as novas tecnologias têm transformado a produção de soja, olhando atentamente para o aumento da colheita e o cuidado com o meio ambiente. Através de muita pesquisa em livros e artigos, e usando uma forma de análise chamada Análise Textual Discursiva, investigamos os progressos tecnológicos mais importantes usados no cultivo da soja. Isso inclui sementes alteradas geneticamente, técnicas agrícolas superprecisas e o uso de drones para cuidar das plantações. Notamos que essas novidades têm ajudado a aumentar bastante a quantidade de soja produzida e, ao mesmo tempo, incentivam formas de cultivo mais amigas da natureza, como usar menos produtos químicos, diminuir os danos ao ambiente e economizar recursos. É importante ressaltar que, apesar de todos os benefícios, nem todos conseguem ter acesso a essas tecnologias, especialmente os pequenos agricultores. O estudo ressalta que, para garantir que a agricultura seja eficiente e respeite o planeta, é essencial investir em espalhar o conhecimento sobre essas tecnologias e treinar os agricultores para usá-las.

Palavras-chave: Inovação tecnológica. Produção de soja. Agricultura de precisão. Sustentabilidade. Drones agrícolas.

ABSTRACT

This study examines how new technologies have transformed soybean production, paying close attention to the increase in harvest and the care for the environment. Through extensive research in books and articles and using a form of analysis called Discourse Textual Analysis, we investigated the most important technological advances used in

soybean cultivation. This includes genetically modified seeds, super-precise agricultural techniques, and the use of drones to manage crops. We noticed that these innovations have significantly helped increase the amount of soy produced while also promoting more environmentally friendly farming practices, such as using fewer chemicals, reducing environmental damage, and conserving resources. It is important to emphasize that despite all the benefits, not everyone has access to these technologies, especially small farmers. The study highlights that to ensure agriculture is efficient and respects the planet, it is essential to invest in spreading knowledge about these technologies and training farmers to use them.

Keyword: Technological innovation. Soybean production. Precision agriculture. Sustainability. Agricultural drones.

INTRODUÇÃO

De acordo com Oliveira; Filho; Paz (2022) nas últimas quatro décadas, a agricultura vem passando por um processo intenso de transformação, impulsionado pela constante inovações tecnológicas que de certa forma, tem redefinido práticas, bem como ampliado resultados produtivos entre homem e ambiente. Esse cenário evidencia novas condutas no cultivo agrícola, na qual o emprego de recursos tecnológicos digitais, biotecnológicos e mecanizados se consolidou como uma necessidade diante do aumento constante da demanda global por alimentos, fibras e energia. Dentre as principais culturas agrícolas a soja ocupa papel de relevância inquestionável, especialmente no Brasil, país que figura entre os principais produtores e exportadores mundiais de grão. Diante desse crescimento de produção e exportação de grãos justifica-se, o grande interesse acadêmico científico e empresarial em estudar e aprimorar as tecnologias aplicadas ao cultivo da soja, a fim de conciliar o aumento da produtividade com métodos que priorizem a sustentabilidade e a eficiência no uso dos recursos.

O desenvolvimento na biotecnologia agrícola, como aponta Floss; Floss (2022), abriu caminho para sementes geneticamente alteradas mais fortes contra pragas, doenças, e clima ruim. Essas sementes marcam um momento-chave ao lidar com as dificuldades da produção agrícola, já que ajuda em colheitas maiores e menos dependência de pesticidas. A, tecnologias como plantio direto, uso de culturas aprimoradas e agricultura de precisão, com sistemas de monitoramento e softwares agrícolas, vem mudando a rotina da produção e decisões no campo (MARTIN; THOMAS NEWTON *et al*, 2022). O uso de drones, por exemplo, auxilia como ferramentas para mapear a fertilidade do solo, monitorar a água e aplicar insumos, com boa economia, segurança e sustentabilidade (SILVA E CAVICHIOLI, 2022).

Desta forma, a escolha do tema advém, então, da busca por entender os efeitos das inovações tecnológicas na produtividade e sustentabilidade da soja. Hoje em dia, com tantas exigências por partes dos consumidores e mercados pedindo produtos responsáveis e rastreáveis, o desenvolvimento e a propagação destas tecnologias são cruciais, (SCHMITT apud OSLO, 2019), assim, a inovação é, por natureza, a aplicação de métodos e processos que otimizam bens e serviços, mudando a vida em muitas formas, tornando os processos produtivos mais eficazes, e criando valor social e ambiental. Apesar de estudos prévios explorarem inovações no cultivo da soja, incluindo sementes transgênicas, fertilizantes de alto desempenho e a agricultura digital, uma brecha ainda existe na análise integrada dos efeitos dessas tecnologias, tanto na produtividade quanto na mitigação de danos ambientais de longo prazo.

Trabalhos, como os de Degani et al. (2021) reforça debate como esse ao mostrar, que as inovações, embora ofereçam soluções concretas, sua aceitação, depende de muitos fatores, da capacitação dos produtores a verbas, que fomentam práticas mais sustentáveis. Nesse sentido, temos como questão norteadora: Até que ponto as novas tecnologias na produção de soja impulsionam, ao mesmo tempo, a produtividade e a sustentabilidade ambiental?

Em busca de atingir nossos objetivos, iremos identificar as principais tecnologias que a cultura da soja utilizou nos últimos anos. Em seguida, analisaremos os benefícios, bem como as limitações dessas inovações na produção, como o propósito de identificar os impactos ambientais relacionados a sementes modificadas, os fertilizantes especiais e ferramentas digitais.

Para alcançar resposta para tal questionamentos este estudo se apoiará na pesquisa bibliográfica, focando na escolha e no exame de trabalhos acadêmicos como, artigos científicos, livros e documentos importantes divulgados nos últimos anos. Assim, empregaremos a Análise Textual Discursiva (ATD) como técnica de pesquisa, um método que se sobressai por permitir a interpretação minuciosa e aprofundada de eventos complexos ligados à esfera social e humana.

Como evidenciam Moraes e Galiazzi (2007), a ATD possibilita ao pesquisador transcender a mera exposição dos dados, fomentando uma análise reflexiva e interpretativa sobre as significações edificadas nos discursos, as conexões entre ideias e os distintos pontos de vista existentes na literatura.

A união entre revisão bibliográfica e análise discursiva tem como propósito estabelecer uma interpretação mais ampla do assunto, descobrir semelhanças e distinções entre autores e, por conseguinte, auxiliar na compreensão das implicações e dos obstáculos atrelados à incorporação de novidades tecnológicas na produção agrícola. Assim sendo, este trabalho procura, de forma geral, averiguar os efeitos das inovações tecnológicas na produção de soja, olhando para a produtividade e a sustentabilidade.

Introdução às Inovações Tecnológicas

É fato que as inovações tecnológicas, atualmente, representam o conjunto de conhecimentos, práticas e recursos que vêm possibilitando o desenvolvimento de novas soluções em diversos ambientes. Na agricultura, não poderia ser diferente, a tecnologia tem desempenhado um papel fundamental na modernização das atividades produtivas, contribuindo para o aumento da eficiência, da sustentabilidade e da competitividade no campo, para (SILVA, p.11, 2025).

A agricultura tem se transformado ao longo das últimas décadas, incorporando novas tecnologias e práticas que visam garantir a sustentabilidade no processo produtivo. O uso de tecnologias sustentáveis na agricultura é fundamental para atender às crescentes demandas por alimentos, ao mesmo tempo que preserva os recursos naturais e reduz os impactos ambientais, (SILVA, P.11, 2025)

No contexto agrícola, essas inovações abarcam uma grande variedade de ferramentas e estratégias que englobam desde a mecanização avançada até o uso de recursos digitais e biotecnológicos (DEGANI et al., 2021). A produção de soja, em especial, tem se consolidado como uma das atividades agrícolas mais importantes em diversos países, devido ao seu valor econômico e à crescente demanda global. No entanto, essa atividade também apresenta desafios relacionados à produtividade e à sustentabilidade, que podem ser enfrentados por meio do uso intensivo de tecnologias inovadoras.

A agricultura atualmente representa a relação básica entre a sociedade, o homem e o meio ambiente. Dessa forma, a atenção às questões ambientais e à dimensão da sustentabilidade torna-se ainda mais importante. Medir de forma confiável o impacto ambiental das atividades do agronegócio está se tornando uma tendência nos principais países produtores (CUNHA, 2025).

Além disso, os avanços tecnológicos permitem o desenvolvimento de sementes geneticamente modificadas, que representam um marco crucial na agricultura moderna. Por meio da engenharia genética, cientistas conseguiram introduzir características específicas nas sementes de soja, proporcionando maior resistência a pragas, enfermidades e variações climáticas extremas (MASSRUHÁ *et al*, 2020).

Em termos de produtividade, essas sementes geralmente resultam em colheitas mais robustas. Ao serem projetadas para resistir a insetos e herbicidas específicos, elas garantem que as plantações tenham melhores condições de desenvolvimento, crescendo com menos interferência de pragas e ervas daninhas. Isso não apenas aumenta o rendimento por hectare, por outro lado reduz a necessidade de pesticidas e herbicidas químicos, diminuindo os impactos ambientais negativos associados a esses produtos. Ao reduzir a dependência de defensivos químicos, essas sementes contribuem para preservar a biodiversidade do solo e dos ecossistemas circundantes (FLOSS; FLOSS, 2022).

Nessa circunstância, muitas inovações agrícolas fundamentam-se, em grande medida, do desenvolvimento de novos produtos para melhorar a produção de alimentos, (CUNHA, 2025). De modo geral, o impacto econômico do desenvolvimento da produção impulsionado por essas tecnologias tem sido positivo, especialmente com relação ao uso de fertilizantes agrícolas. Os fertilizantes são usados para aumentar o rendimento das colheitas e repor os nutrientes exportados pela cultura, sendo fundamentais para reverter o esgotamento nutricional do solo e elevar sua produtividade.

Porém, é necessário haver uma gestão criteriosa no uso de fertilizantes, para evitar o excesso de aplicação e, conseqüentemente, possíveis impactos ambientais. Ademais, é imprescindível avaliar tanto a quantidade quanto a qualidade dos fertilizantes aplicados. A escolha adequada dos tipos de fertilizantes, levando em conta as exigências nutricionais das culturas e as propriedades do solo, é essencial para otimizar a produção agrícola e minimizar efeitos ambientais indesejáveis, (MARTIN, THOMAS NEWTON *et al*, 2022).

As tecnologias vêm, cada vez mais, potencializando a produtividade e a qualidade dos cultivos. A soja, considerada uma das culturas mais relevantes da agricultura nacional, exige práticas de manejo eficientes para alcançar altos rendimentos. Nesse sentido, recursos tecnológicos aplicados ao plantio direto, o uso de cultivares melhoradas, a agricultura de precisão e o monitoramento em tempo real de variáveis agrônômicas tornaram-se aliados indispensáveis dos produtores.

O emprego da biotecnologia no desenvolvimento de sementes transgênicas tem contribuído para uma maior tolerância aos defensivos químicos e proteção contra pragas insetívoras, simplificando o manejo e favorecendo ganhos de produtividade. Aliadas ao uso de softwares de gestão agrícola, essas soluções oferecem aos produtores uma base sólida de dados, facilitando a tomada de decisões e o planejamento das safras. Assim, as inovações tecnológicas na agricultura configuram um movimento indispensável para atender à crescente demanda global por alimentos, fibras e energia, tornando a produção de soja cada vez mais eficiente, segura e sustentável (SILVA, 2017). De acordo com (SCHMITT apud OSLO, p. 12, 2019):

[...] inovação é a introdução de um bem ou serviço, novo ou melhorado, podendo ser ainda a implementação de métodos ou processos de produção, distribuição, marketing ou processos organizacionais novos ou significativamente melhorados. Dessa forma, por sua própria definição, a inovação pode ser considerada um

processo que busca tornar melhor a vida das pessoas. Ela cria recursos que afetam todas as pessoas nos mais diversos aspectos, alterando a maneira como se comunicam, aprendem e pensam, (SCHMITT apud OSLO, p. 12, 2019).

Dessa forma, podemos associar a inovação tecnológica na agricultura ao uso de máquinas agrícolas inteligentes, drones, fertilizantes avançados e softwares de gestão no cultivo da soja. O uso desses recursos representa uma grande inovação como processo de melhoria contínua, transformando os métodos de produção e gestão rural, criando valor econômico, social e ambiental, e alterando de maneira significativa a forma como os agricultores trabalham, planejam e tomam decisões.

O uso dos aparelhos chamado aeronaves não tripuladas na agricultura configura-se como uma ferramenta realmente importante. Embora necessitem de softwares específicos para captura e processamento de imagens detalhadas, além de treinamento adequado para a operação dos equipamentos, os benefícios são expressivos. Um dos maiores benefícios do uso dessas ferramentas é a precisão, seja na coleta de dados como no mapeamento da fertilidade do solo, seja na aplicação controlada de insumos, evitando desperdícios.

Além de contribuir para a economia, o uso de drones também torna a vida dos agricultores mais prática e segura. Atualmente, esses dispositivos são empregados em diversas tarefas, como pulverização, mapeamento do campo, monitoramento da irrigação e marcação de pontos georreferenciados, atividades que tornam a produção mais eficiente e sustentável (SILVA; CAVICHIOLI, 2022).

Essas aeronaves não tripuladas também permitem a aplicação direcionada de fertilizantes e outros produtos, o que garante distribuição uniforme e minimiza os impactos ambientais. Esse tipo de aplicação contribui para reduzir custos, evitar a aplicação desnecessária de recursos e melhorar o desempenho produtivo das lavouras. Assim, os drones oferecem suporte ao monitoramento da irrigação e à identificação de áreas com déficit hídrico ou excesso de umidade, proporcionando um planejamento mais estratégico do manejo da água, fator essencial para o desenvolvimento saudável da soja. Ao automatizar tarefas que antes demandavam tempo e esforço, os drones transformam a forma como os agricultores planejam, executam e gerenciam a produção agrícola, gerando valor econômico, social e ambiental.

Avanços no Melhoramento Genético de Plantas: A Revolução dos Organismos Geneticamente Modificados

Com o passar dos anos, a agricultura viu a engenharia genética se tornar parte integrante, impulsionada pela ação humana, notadamente via cruzamentos propositalis.

Neste contexto, a engenharia genética aplicada ao melhoramento de plantas tem servido como uma das principais soluções para alguns dos problemas mais prementes da agricultura, desenvolvendo o que ficou conhecido como Orgs (Organismos Geneticamente Modificados). O desenvolvimento de variedades de plantas geneticamente modificadas mais resistentes a pragas e menos dependentes de fertilizantes químicos também reduziu a necessidade de produtos químicos nocivos e amenizou o impacto ambiental da produção agrícola no âmbito nacional nas últimas décadas, (MORAIS, p.53, 2025).

A meta principal consiste em modificar a base genética das plantas, com o objetivo de alcançar genótipos melhores. Essencialmente, esse processo representa a evolução genética tradicional das plantas. A biotecnologia surgiu, e com ela, métodos muito mais avançados como a biologia molecular, cultura de tecidos in vitro e a introdução estratégica de genes de fora, foram incorporados ao processo. Essas abordagens facilitam a adição de

características desejadas nas plantas, sem depender da fertilização, possibilitando o transporte de genes originários de diversas espécies vegetais, animais, ou micróbios, direto para o genoma da planta onde ele vai ficar (MONQUERO, 2005).

Estudos pioneiros, conduzidos no campo com plantas geneticamente modificadas, os famosos organismos geneticamente modificados (OGM's), começaram em 1986, nos EUA e na França. Até 2003, a pesquisa envolvia várias plantas, incluindo grãos como milho, arroz e centeio. Culturas têxteis, tipo algodão e linho também foram estudadas, sem esquecer forrageiras, por exemplo, a alfafa, e árvores, entre elas, o álamo e o eucalipto. Frutas variadas também, maçã, uva, kiwi, melão, mamão, pera e morango, figuraram nas investigações (MONQUERO, 2005).

Do mesmo modo, oleaginosas, como canola, soja e girassol, assim como hortaliças, tipo aspargo, cenoura, couve-flor, pepino, alface, batata, batata-doce, repolho e aipo. Cerca de 72% dos experimentos decorreram nos Estados Unidos e Canadá, logo depois vêm países da Europa, América Latina e Ásia, conforme os dados. Na África, os estudos foram menos frequentes, com destaque para África do Sul. Milho, tomate, canola, batata e algodão estão entre as culturas mais pesquisadas. Propriedades cruciais, alteradas geneticamente, englobam a tolerância a herbicidas, uma robusta resistência contra insetos e vírus, e para melhorar a qualidade dos produtos agrícolas (MONQUERO, 2005).

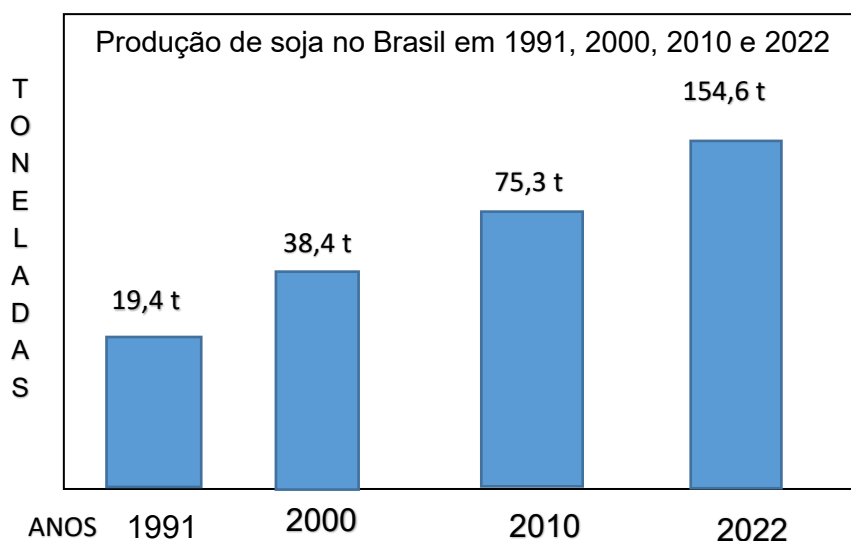
No solo brasileiro, o cultivo comercial de plantas transgênicas começou em 2003, juntamente com as Filipinas. Dentre as culturas modificadas por genética no Brasil, soja e milho se destacaram, liderando em área cultivada e impacto econômico. Até 2002, cerca de 103 instituições brasileiras, vinculadas à pesquisa humana e animal, receberam ou ajustaram seus Certificados de Qualidade em Biossegurança (CQB), podendo lidar com organismos geneticamente modificados (MONQUERO, 2005).

Em relação às liberações programadas para o ambiente no Brasil, 54% das variedades estavam ligadas à resistência a herbicidas; 37% estavam associadas à resistência a insetos; 8% juntavam as duas características; e 1% se referia à resistência a vírus. Levando em conta as espécies analisadas até o momento, o milho respondeu por 57% dos casos estudados. As outras porcentagens foram: soja (5%), cana-de-açúcar (1%), algodão (43%) e batata (1%). Um caso notável de engenharia genética é a soja geneticamente modificada, criada para processar o herbicida glifosato. Essa característica confere à soja a capacidade de resistir aos danos causados pelo herbicida, permitindo um controle mais eficaz das plantas daninhas sem afetar a cultura (MONQUERO, 2005).

De acordo com (VIEIRA; FILHO 2024), à produção de soja no Brasil vem crescendo cada vez mais como pode ser visto no gráfico 1 abaixo, o rendimento em toneladas nos anos, 1991, 2000, 2010 e 2022.

Observa-se que entre os anos de 1991 e 2022, a participação da soja na produção de grãos em termos de porcentagens saltou de 28,4% para, aproximadamente, 50%. Isso evidencia um grande crescimento na produção de soja no Brasil entre os anos de 1991 e 2022. Esse aumento de 19,4 milhões para 154,6 milhões de toneladas representa um avanço muito grande durante o período analisado. Tal evolução pode estar diretamente associada à inserção das inovações tecnológicas no setor agrícola, como por exemplo o uso de sementes geneticamente modificadas, o plantio direto, a agricultura de precisão bem como o uso de drones e sensores inteligentes.

Gráfico 1 – Rendimento (em ton.) da produção de soja no Brasil (1991, 2000, 2010 e 2022)



Fonte: com base em: VIEIRA; FILHO 2024

Desse modo, a expansão elevada da produtividade que acompanha um cenário de crescente demanda mundial por alimentos e biocombustíveis, posiciona o Brasil como um dos principais exportadores globais da oleaginosa. Vale ressaltar que é de fundamental importância observar que esse crescimento deve ser analisado à luz da sustentabilidade, pois o uso dessas tecnologias, embora impulse os rendimentos, também exige atenção quanto aos seus impactos ambientais e sociais, como o uso excessivo de fertilizantes ou a pressão sobre biomas nativos.

O Uso de Drones na Cultura da Soja: Uma Alternativa Sustentável aos Pulverizadores Convencionais

Atualmente, a tecnologia tem sido amplamente integrada à agricultura e à agropecuária, manifestando-se em diversas frentes. No contexto do cultivo da soja, os grandes produtores têm adotado a computação em conjunto com sistemas globais de navegação e geoprocessamento. Essa abordagem visa não apenas a otimização do manejo, mas também a redução de custos e a mitigação de perdas. Contudo, é importante destacar que, por razões diversas, a maior parte dos usuários dessa tecnologia são os médios e grandes produtores. Considerando a importância dos pequenos agricultores na cadeia agroindustrial e a versatilidade dos drones como ferramentas tecnológicas emergentes, torna-se crucial explorar seu potencial (RODRIGUES; PACHECO, 2022).

Corroborando com (SCHUTZ, p.11, 2023).

Os drones são instrumentos geoecológicos utilizados para facilitar a agricultura de precisão, pois, proporcionam uma gestão essencial na AP, principalmente na cultura da soja, visto que é possível calcular precisamente a quantidade de sementes que será usada para determinada área, a quantidade de veneno, sem compactação de solo, captura de imagens mais detalhadas e precisas; monitoramento de áreas de fácil ou de difícil acesso; identificação precoce de problemas que atingem a lavoura, como falhas de plantio, pragas e doenças, (SCHUTZ, p.11, 2023).

A extensa demanda por tecnologias que apoiem as atividades agrícolas reflete a necessidade de garantir a segurança alimentar. Historicamente, essa segurança foi assegurada por meio da adoção de técnicas adequadas às circunstâncias e desafios enfrentados em cada época, resultando em maior eficiência e produtividade. Assim, o avanço tecnológico se torna um aliado indispensável para enfrentar os desafios contemporâneos da agricultura (RODRIGUES; PACHECO, 2022).

Além disso, os impactos positivos decorrentes dessa revolução tecnológica são variados. Entre eles, destacam-se a promoção de um trabalho mais seguro e confortável para os trabalhadores rurais, a mitigação de perdas durante o cultivo e a redução dos custos operacionais. Esses fatores contribuem significativamente para a disponibilidade de alimentos no mercado (RODRIGUES; PACHECO, 2022).

Na sua aplicação mais básica, os drones permitem registros fotográficos convencionais que possibilitam ao produtor ou à empresa rural realizar avaliações visuais sobre a evolução do cultivo. Essa prática inclui mapeamentos que ajudam a identificar falhas no plantio ou na adubação, bem como a detecção de reboleiras áreas onde as plantas não se desenvolvem adequadamente. Assim, a adoção dessa tecnologia não apenas otimiza as práticas agrícolas, mas também contribui para uma gestão mais eficiente e sustentável das propriedades rurais (MESQUITA, 2014).

Além do mais, o uso de drones no combate as pragas no plantio de soja são mais benéficas que o uso de tratores no sentido de trazer prejuízo pois, o uso do trator por mais benéfico que seja, deixa rastros de destruição por onde passa enquanto os drones sobrevoa, assim a distinção entre os equipamentos tradicionais e os de precisão se dá pelo caráter inflexível das máquinas convencionais, que não conseguem se adaptar automaticamente às variações do terreno cultivado. Em contraste, as máquinas de precisão têm a capacidade de ajuste programável, permitindo a liberação de insumos com base em recomendações fornecidas pelas tecnologias de agricultura de precisão. A adaptabilidade desses equipamentos ocorre em tempo real. Enquanto a agricultura que utiliza maquinário convencional pode enfrentar uma redução na produtividade, as máquinas de precisão, sob a perspectiva econômica, oferecem maiores lucros e promovem a sustentabilidade no processo de produção (CASTRO; CARVALHO; VIEIRA, 2021).

Como podemos observar o amassamento deixado pelos tratores usados para aplicação de produtos químicos é muito grande.

Figura 1 – Amassamento causado pelo trânsito do trator



Fonte: Rodrigues; Pacheco, 2022.

A compactação da soja refere-se à perda ocasionada pelo desperdício durante a movimentação dos equipamentos e acontece quando os tratores entram, transitam e saem da lavoura, principalmente ao aplicar produtos químicos para o controle de pragas, devido ao estresse mecânico produzido pelas rodas dos tratores e dos pulverizadores. A pressão exercida pelas rodas dos tratores e seus acessórios pode limitar a produção de sementes de qualidade superior, uma vez que causa o esmagamento direto das plantas ou sementes, ou danifica a área foliar responsável pela fotossíntese, além de efetivamente prejudicar as plantas daquela safra que se encontram nas rotas de passagem das máquinas (RODRIGUES; PACHECO, 2022).

Os pulverizadores terrestres como mostra a figura 02 deixa um rastro de destruição causado pelos enormes pneus.

Figura 02: Modelo de pulverizador utilizado nas lavouras



Fonte: Rodrigues; Pacheco, 2022.

Já os drones comparados aos tratores são equipamentos de pequena dimensão, como pode ser observado na figura 03.

Figura 3 – Drone de pulverização



Fonte: Rodrigues; Pacheco, 2022.

Além disso, a utilização de drones proporciona vantagens como: despesas reduzidas por hectare, exatidão e seleção na aplicação, agilidade na realização do ciclo, menor exposição de pessoas a substâncias químicas, baixo gasto de combustível e redução na emissão de gases poluentes oriundos de motores de combustão.

Diante de todas essas vantagens, percebe-se que os drones representam apenas uma parte de um conjunto ainda mais amplo de inovações que têm transformado a forma de produzir soja no Brasil e no mundo. Para entender melhor como essas tecnologias atuam de maneira integrada no campo, o quadro 1 a seguir, apresenta um panorama dos principais recursos tecnológicos utilizados na agricultura nos últimos anos, detalhando suas funções e contribuições para o avanço da produtividade e da sustentabilidade.

Quadro 1 - Principais recursos tecnológicos utilizados na agricultura

Recursos tecnológicos	Função
Drones	são chamados de aeronaves não tripuladas e tem a função de sobrevoar sobre as plantações reunindo informações em tempo real sobre a saúde das plantas, as condições climáticas, a umidade do solo, além de identificar a presença de pragas e doenças, entre outros aspectos.
Imagens de Satélite	Oferecem uma perspectiva abrangente e detalhada das regiões agrícolas, apresentando alta resolução tanto espacial quanto temporal. Esses dados podem ser utilizados para acompanhar as mudanças climáticas, observar o desenvolvimento das colheitas, registrar eventos extremos como secas e inundações, além de identificar áreas com potencial para a agricultura.
GPS agrícolas	Trata-se de um sistema de posicionamento global que possibilita a localização precisa de pontos de interesse nas propriedades rurais, como os talhões, estradas, depósitos e pivôs de irrigação. Isso permite o uso de máquinas agrícolas guiadas por GPS, que realizam automaticamente e de forma otimizada operações como plantio, pulverização e colheita, contribuindo para a redução de custos e desperdícios.
Sensores	Esses dispositivos capturam dados sobre variáveis físicas ou químicas do ambiente, incluindo temperatura, pressão, luminosidade, umidade e pH, entre outros. Eles possibilitam um monitoramento contínuo e em tempo real das condições das lavouras e dos rebanhos, tornando mais fácil o diagnóstico e a resolução de problemas.
Dispositivos móveis	Essas ferramentas são essenciais para o agricultor contemporâneo, pois oferecem acesso a informações sobre o mercado, clima, cotações e políticas agrícolas, além de possibilitar o envio e recebimento de dados sobre as atividades no campo. Dessa forma, elas atuam como interfaces para gerenciar e interagir com outras tecnologias utilizadas na agricultura, como drones, sensores e softwares de gestão que serão abordados posteriormente.
Robótica	Esse é o setor da tecnologia que cria máquinas capazes de executar tarefas complexas de maneira autônoma. Os robôs podem substituir ou apoiar o trabalho humano em várias atividades, como plantio, poda, colheita e ordenha, entre outras.
Internet das Coisas (IoT)	Esse conceito refere-se à conexão entre objetos físicos e a internet, permitindo que eles se comuniquem e compartilhem dados entre si. Na agricultura, a IoT viabiliza a integração das várias tecnologias utilizadas no campo, formando uma rede inteligente e dinâmica que se adapta às mudanças e demandas do ambiente.
Software de gestão	Trata-se de um software que apoia o agricultor na organização e no gerenciamento das informações e processos relacionados à sua atividade. Ele pode integrar dados financeiros, contábeis, fiscais,

	produtivos, ambientais e muitos outros, além de gerar relatórios, gráficos e planilhas que auxiliam na tomada de decisões.
--	--

Fonte: TOTVS (2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As mudanças trazidas pela tecnologia têm remodelado profundamente a agricultura, sobretudo na produção de soja. A chegada de ferramentas como sementes melhoradas geneticamente, fertilizantes que funcionam muito bem, drones e programas de computador para acompanhar tudo de perto não só fez a produção crescer, como também incentivou formas de cuidar da terra que agredem menos a natureza.

Nesse conjunto de novidades, os drones chamam atenção por serem uma opção muito boa para substituir a pulverização feita da maneira antiga. Com essa tecnologia, é possível usar os produtos necessários de forma mais certa, evitando o desperdício e aproveitando melhor o que se tem. Além disso, usar drones ajuda a proteger o meio ambiente, pois diminui o contato dos trabalhadores com substâncias perigosas e reduz os danos ao ecossistema.

Ainda que as vantagens trazidas por essas tecnologias sejam bastante nítidas, é preciso encarar alguns problemas importantes. O investimento inicial, por vezes elevado, para implementar certas novidades pode ser um grande impedimento para muitos produtores rurais, principalmente para os menores, que trabalham com lucros mais apertados. Além disso, é fundamental que os profissionais do campo aprendam a usar corretamente essas ferramentas novas para tirar o máximo proveito delas. A dificuldade que pequenos agricultores encontram para ter acesso a essas tecnologias é mais um desafio que não podemos ignorar.

Sendo assim, é muito importante que o governo crie programas que facilitem o acesso de todos às inovações tecnológicas no setor agrícola. Ações que promovam a igualdade de oportunidades no acesso a essas novas tecnologias são cruciais para assegurar que todos os tipos de agricultores brasileiros possam aproveitar esses progressos e, dessa forma, ajudar a construir um setor mais forte e capaz de se adaptar às mudanças.

Dessa forma, os avanços tecnológicos no plantio da soja não só aumentam a capacidade de produção das colheitas, como também indicam uma direção mais ecológica e eficaz na utilização dos recursos naturais. Aplicar recursos em tecnologia, formação de profissionais e acesso digital no setor agrícola é fundamental para assegurar o futuro da agricultura no país, impulsionando não só a vantagem competitiva do setor, mas também a proteção do meio ambiente e a segurança na alimentação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTRO, Auristela Correa; CARVALHO, André Cutrim; VIEIRA, Martha Luiza Costa. Produção da soja: dos moldes tradicionais a agregação de valor. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v. 13, n. 4, p. 94-108, 2021. Disponível em: <https://periodicos.unir.br/index.php/rara/article/view/6754>. Acesso em: 29/07/2021

CUNHA, Ana Paula. **Políticas públicas e ações de financiamento sustentável no Agronegócio brasileiro**. 2025. Disponível em:

<https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/51783/1/AnaPaulaCunha DISSERT.pdf>. Acesso em: 22/07/2021

DEGANI, Pamella Cristina et al. Inovação em cultivares: panorama das proteções e registros da soja no Brasil. **Navus: Revista de Gestão e Tecnologia**, n. 11, p. 1-16, 2021. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8096406>. Acesso em: 15 jul. 2025.

FLOSS, Elmar Luiz; FLOSS, Luiz Gustavo. MAXIMIZANDO A PRODUTIVIDADE DA SOJA. **Tecnologias Aplicadas para o Manejo Rentável e Eficiente da Cultura da Soja**, p. 227, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Amanda-Martins-11/publication/363885268_Fertilidade_do_solo_e_nutricao_para_cultura_da_soja/links/63335a0913096c2907d43c95/Fertilidade-do-solo-e-nutricao-para-cultura-da-soja.pdf#page=228. Acesso em: 15 jul. 2025.

MARTIN, Thomas Newton et al. Tecnologias aplicadas para o manejo rentável e eficiente da cultura da soja. **Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. Santa Maria, RS: Editora GR**, 2022. Disponível em: <https://encurtador.com.br/7hhl>. Acesso em: 28/07/2021

MASSRUHÁ, S.M.F.S. et al. **A transformação digital no campo rumo à agricultura sustentável e inteligente**. In: MASSRUHÁ, S. M. F. S. et al. (Ed.). **Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas**. Brasília: Embrapa, 2020b. p. 20-45. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/343461177.pdf>. Acesso em: 28/07/2021

MESQUITA, Ariosto. O avanço dos drones. **Agro DBO**, p. 20-23, 2014. Disponível em: https://rmpceciologia.com/disciplinas/impactos/Curso_Drones/literatura_drones/ref_03.pdf. Acesso em: 20/07/2021

MONQUERO, Patrícia Andréa. Plantas transgênicas resistentes aos herbicidas: situação e perspectivas. **Bragantia**, v. 64, p. 517-531, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/dwMFTzj5khrNXCQHv9cWL9p/?lang=pt>. Acesso em: 15 jul. 2025.

MORAIS, Cassiano de Souza. **Transumanismo e melhoramento genético: fundamentos, aplicações e críticas**. 2025. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/80173>. Acesso em: 03/09/2025

MORAES, Roque; DO CARMO GALIAZZI, Maria. **Análise textual: discursiva**. Editora Unijuí, 2007.

OLIVEIRA, Allison Bezerra; DE SOUSA FILHO, José Carvalho; DE SOUZA PAZ, Diego Armando. Da Fronteira Agrícola aos Territórios do Agronegócio Florestal: avanços da silvicultura de eucalipto sobre a agricultura familiar nos municípios de São Francisco do Brejão e João Lisboa, Maranhão, Brasil. **Geografia (Londrina)**, v. 31, n. 1, p. 217-236, 2022. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/44738>. Acesso em: 29/07/2025.

RODRIGUES, Patrícia Santos; PACHECO, Kill Anderson. **Proposta tecnológica para minimização das perdas por amassamento no cultivo da soja dos pequenos**

produtores. 2022. Disponível em: <https://revistaedufatec.fatecfranca.edu.br/wp-content/uploads/2023/04/edufatec-n05v2a06.pdf>. Acesso em: 20/07/2021

SCHMITT, Marcos Fernando et al. **Inovação tecnológica no IFPR Capanema: da prospecção a inovação.** 2019. Disponível em: <https://tede.unicentro.br/jspui/handle/jspui/1202>. Acesso em: 15 jul. 2025.

SCHUTZ, ANA PAULA. **O uso de drones para o manejo da cultura da soja.** Disponível em: <https://www.ifto.edu.br/palmas/campus-palmas/ensino/biblioteca/Acervo/trabalhos-academicos/agronegocio/2023/ana-paula-schutz.pdf>. Acesso em: 03/09/2025

SILVA, Bruna Fernanda; CAVICHIOLI, Fábio Alexandre. O uso de veículos aéreos não tripulados para detecção de pragas e doenças na cultura da soja. **Revista Interface Tecnológica**, v. 19, n. 1, p. 236-247, 2022. Disponível em: Acesso em: 15 jul. 2025. https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/pt_BR/article/view/1363.

SILVA, Franksuel Henrique da. **Tecnologias e práticas sustentáveis na consultoria agrícola.** 2025. Disponível em: [Repositório Institucional do Instituto Federal Goiano: tecnologias e práticas sustentáveis na consultoria agrícola](#). Acesso em: 02/09/2025

SILVA, Ronie Elvis Rodrigues et al. **Relações entre território e desempenho escolar: um estudo a partir das escolas municipais Machado de Assis e Aureliano Joaquim da Silva-Ituiutaba-MG.** 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/32280>. Acesso em: 29/07/2021

TOTVS. Equipe. **Tecnologia na agricultura: importância, principais exemplos e benefícios.** 23 jan. 2024. Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/gestao-agricola/tecnologia-na-agricultura/>. Acesso em: 15 jul. 2025.

VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro. A produção de soja e sua importância na economia brasileira. **Revista de Política Agrícola**, p. e01962-e01962, 2024. Disponível em: <https://rpa.sede.embrapa.br/RPA/article/view/1962>. Acesso em: 23/07/2021