

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA**

ETEC - PROFESSOR FRANCISCO DOS SANTOS

ENSINO MÉDIO INTEGRADO AO TÉCNICO EM AGROPECUÁRIA

**AGRICULTURA SUSTENTÁVEL: Influência do plantio direto na adubação e
produtividade da soja**

Gabriel Gorita dos Santos*

Lavínia Moreira Theodoro Querido**

Lucas Crepi Zatta***

Maria Laura Ferreira de Oliveira****

Resumo: A soja (*Glycine max* L.) é uma das culturas mais importantes do cenário mundial, utilizada amplamente nas indústrias alimentícia (animal e humana), química e em diversos outros setores produtivos. Originária da Ásia, sua introdução e expansão global encontraram no Brasil condições ideais, o que levou o país a se tornar o maior produtor e exportador mundial, contribuindo de forma significativa para o Produto Interno Bruto (PIB) nacional.

A relevância dessa cultura estimula a busca por sistemas de produção que associem elevada produtividade com o uso sustentável dos recursos naturais. Nesse contexto, destaca-se o Sistema de Plantio Direto (SPD), amplamente adotado nas últimas décadas. Diferente do preparo convencional, que pode causar perda de carbono e matéria orgânica, além de intensificar a erosão e a compactação, o SPD baseia-se em três princípios: não revolvimento do solo, manutenção da cobertura permanente por palhada e rotação de culturas. Essa prática se firmou como um importante aliado da agricultura sustentável, melhorando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, ampliando a disponibilidade de água e nutrientes, promovendo o sequestro de carbono e reduzindo custos de produção.

O manejo da fertilidade no SPD exige atenção especial. A adubação, sobretudo com fósforo e potássio, deve ser planejada em conjunto com a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), processo fundamental para o desenvolvimento da soja. Como o solo

*Aluno do curso Técnico em Agropecuária, na Etec Professor Francisco dos Santos - gabrielgoritadossaantos@gmail.com

**Aluno do curso Técnico em Agropecuária, na Etec Professor Francisco dos Santos - laviniaquerido0@gmail.com

***Aluno do curso Técnico em Agropecuária, na Etec Professor Francisco dos Santos - crepizattalucas@gmail.com

****Aluno do curso Técnico em Agropecuária, na Etec Professor Francisco dos Santos - ferreiradeoliveiramarialaura@gmail.com

não é mobilizado, há uma tendência de acúmulo dos nutrientes nas camadas superficiais, o que é bem aproveitado pelo sistema das raízes da cultura. A correção da acidez é realizada por meio da calagem superficial, aplicada sobre a palhada, em doses ajustadas. Com o tempo, o calcário é conduzido para camadas mais profundas pela ação da água e da atividade biológica. O uso complementar do gesso agrícola pode melhorar as condições químicas abaixo da superfície.

A expansão da soja no Brasil foi impulsionada por intensas pesquisas, especialmente as desenvolvidas pela Embrapa, que adaptaram a cultura às condições tropicais do Cerrado.

O avanço tecnológico elevou a produtividade média nacional de 1.369,4 kg/ha (1985/86) para 3.560 kg/ha (2024/25), resultado da ampliação das áreas cultivadas e da adoção de práticas de manejo mais eficientes. O estado de Mato Grosso lidera a produção nacional, enquanto a China se mantém como principal destino das exportações brasileiras.

No cenário mundial, o SPD é reconhecido como um sistema de produção sustentável, com o Brasil figurando entre os países com maior área cultivada sob essa prática. A rotação de culturas complementa o sistema, contribuindo para a melhoria da estrutura do solo, o controle de pragas e doenças e o aumento da produtividade. Além disso, o SPD tem papel fundamental na redução das mudanças climáticas, pois o acúmulo de matéria orgânica e palhada na superfície intensifica o sequestro de carbono, ajudando a reduzir a emissão de gases de efeito estufa.

Palavras-chave: Plantio direto, soja, solo, Brasil, cultura.

1.INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max L.*), por sua vez, é um dos grãos mais comercializados mundialmente, ocupando um espaço crucial no mercado e sendo direcionado para diversas finalidades, como por exemplo as indústrias alimentícias tanto animal quanto humana, indústrias químicas e sendo muito utilizado como matéria-prima para inúmeros setores.

Inicialmente sendo uma planta rasteira, a soja é originária da Ásia, mais precisamente na costa leste da China, a princípio foi utilizada no continente europeu para fins científicos e ornamentais, após a tentativa de implantar a cultura da soja em solos europeus e se deparar com o fracasso devido ao clima, a soja se disseminou para o restante do mundo por meio de grandes embarcações, espalhando tal cultura mundo a fora e se tornando uma cultura de grande importância tanto para a produção em larga escala quanto para a economia do país.

No Brasil, a expansão da área cultivada e os avanços tecnológicos garante ao país a posição de maior produtor e exportador global, constituindo grande parte do Produto Interno Bruto (PIB). Devido a tamanha importância de tal cultura, a busca por práticas que garantem altos níveis de produtividade, conservando e preservando os recursos naturais simultaneamente, constituindo um grande desafio para os sistemas de produção.

O manejo do solo é um fator crucial para o crescimento e desenvolvimento da cultura da soja. O preparo do solo no sistema tradicional, tem grande intensidade e um alto grau de desgaste e revolvimento do solo, ao longo do tempo passa a ser fator preponderante para processos de degradação, como a perda de carbono, matéria orgânica, erosão e compactação do solo. Em contrapartida, o Sistema de Plantio Direto (SPD), extensivamente disseminado nas três últimas décadas, se tornou um grande defensor e líder da preservação ambiental, pela não mobilização do solo, manutenção da cobertura pelo resíduo vegetal e a rotação de culturas. Para as propriedades químicas, biológicas e físicas do solo, o SPD tem sido um aliado fisiológico da agricultura sustentável para redução dos custos de produção, aumento da disponibilidade hídrica e dos nutrientes, do sequestro de carbono e da eficiência no uso da água.

Outro aspecto essencial neste processo é a adubação da soja, pois absorve altos níveis de nutrientes, com destaque para o fósforo, potássio e micronutrientes, dependendo da fixação biológica de nitrogênio (FBN). O Sistema de plantio direto também é capaz de modificar significativamente o equilíbrio desses nutrientes, especialmente no perfil do solo. A crescente deposição de resíduos orgânicos aumenta a ciclagem e disponibilidade de elementos necessários para o solo, tendo um impacto significativo em sua fertilidade. Além disso, a manutenção da palhada, influência para a redução da lixiviação e para a formação de um local mais agradável ao desenvolvimento das raízes da soja, sendo assim um grande aliado do solo.

2.METODOLOGIA

Este artigo utiliza a metodologia de pesquisa indireta bibliográfica, a qual consiste em levantamentos embasados em materiais já publicados, como sites,

artigos e livros que abordam a agricultura sustentável. Além disso, como fator de seleção, foi utilizado o método comparativo em questão, responsável por estabelecer paralelos entre o sistema convencional e o sistema do plantio direto, considerados dois objetos de estudo para analisar tanto aspectos positivos quanto negativos. Para a construção desse artigo foram consultados dados do MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária) e da Embrapa.

3.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esse artigo tem como fundamentação teórica os seguintes portais de informação, que visam a pesquisa e o desenvolvimento do comportamento da soja e do plantio direto no Brasil, como por exemplo a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária) tendo papel da fonte principal para o histórico, a expansão e a importância socioeconômica da soja, sendo creditada pela adaptação da cultura às condições tropicais brasileiras, inclusive no bioma Cerrado. A EMBRAPA também fornece dados sobre o mercado, projeções de crescimento e detalhes do manejo do solo, adubação e rotação de culturas no Sistema de Plantio Direto (SPD), CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento): Fornecem dados e projeções de produtividade e exportação, indicando que a produção de soja no Brasil pode atingir grande aumento em milhões de toneladas nos próximos 10 anos, além da CONAB, que foi utilizada para contextualizar as regiões com produtividade inferior (Norte e Nordeste) devido a fatores climáticos.

4. DESENVOLVIMENTO

1. Cultura Da Soja No Brasil

A chegada no Brasil: Os primeiros relatos bibliográficos da soja no Brasil ocorreram no ano de 1882, na Escola Agrícola Bento Lages, dez anos após a cultura foi utilizada pela Estação Agronômica de Campinas para fins experimentais. (APROSOJA, 2025) Inicialmente sendo encarada como apenas uma necessidade

estratégia surgindo como uma opção de verão de substituição a cultura do trigo, cultivando cerca de 500 mil toneladas por ano. (EMBRAPA, 2025).

Após enxergar tamanha potência no grão, os agricultores brasileiros começaram a investir na cultura por volta do ano de 1970, diante do grande crescimento no preço da soja, os grãos ganharam destaque entre as demais culturas cultivadas no país, ganhando grande vantagem diante dos demais países devido ao clima temperado local, desde então o país começou a investir em mudanças para fazer com que a soja melhor se adaptasse com os determinados climas e solos de todas as regiões do Brasil (EMBRAPA, 2025).

1.1. A Expansão Da Soja

A significativa produção e demanda mundial pela soja decorre de sua contribuição histórica para o desenvolvimento do Brasil. O cultivo do grão esteve diretamente associado ao processo de mecanização agrícola, à modernização da infraestrutura de transportes e à expansão da fronteira produtiva. Além disso, impulsionou a profissionalização e a intensificação do comércio internacional, influenciou mudanças nos hábitos alimentares da população, favoreceu a urbanização e contribuiu para a interiorização do povoamento nacional, antes concentrado no Sul, Sudeste e litoral nordestino. A soja também desempenhou papel essencial no desenvolvimento de tecnologias para outras culturas, especialmente o milho, e fomentou a diversificação e descentralização da agroindústria. (Dall'Agnol, Amélio, et al, 2025).

As pesquisas brasileiras voltadas para o melhoramento da soja ajudaram tal cultura se familiarizar com o clima tropical local, em áreas de baixas latitude entre o trópico de capricórnio e a linha do equador, sendo modificado principalmente por meio da incorporação de genes. A Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária (EMBRAPA), foi responsável pela grande virada de chave na expansão de soja no Brasil, rompendo a ideia de que a cultura somente se adaptaria a zona temperadas, sendo realizadas grandes pesquisas com a finalidade de introduzir a cultura da soja na zona tropical brasileiras, inibindo os riscos da diminuição na produtividade da planta.

A expansão de grande destaque em relação a produtividade é a do bioma do cerrado executada pela mesma, onde ocorreu a transformação de áreas improdutivas em terras férteis de alto rendimento. Ultimamente tais trabalhos vêm desenvolvendo novas variações com alto índice de aceitação em diversos climas e solos brasileiros e imunes a diversas pragas e doenças, os quais possuem características desejáveis e alta produtividade de grãos no território, revolucionando e impactando o mercado mundial positivamente, tal expansão não se limita somente ao melhoramento da cultura da soja, sendo constituída por diversos fatores como citada na Revista Geografar em uma entrevista realizada com as empresas Swilt, Anderson Clayton e Samrig. Abaixo está um trecho da entrevista feita com essas empresas:

“-Melhoria no sistema viário para escoamento da produção em especial os portos e comunicações, facilitando e agilizando as exportações
Aparecimento de um sistema de cooperativa (dinâmica e eficiente) que apoiou a produção, industrialização e comercialização da soja
-Facilidade de mecanização total da cultura;
-E finalmente, a instalação de vários órgãos de pesquisa públicos, em esfera estadual e federal, inclusive a EMBRAPA/Soja unidade Londrina, apoiados financeiramente pela indústria privada (etc).”
(REVISTA GEOGRAFAR, p.5 2011).

1.2. O uso da soja

A cultura soja iniciou sendo utilizada apenas para a produção de óleo vegetal e rações animais, atualmente estamos presenciando cada vez mais a presença dos produtos derivado de soja nas prateleiras dos supermercados brasileiros, grande parte desse crescimento devido ao alto valor nutricional, segundo pesquisas na safra de 2009/10 apenas 3% da produção de soja no Brasil foi destinada para fins alimentício, valor esse muito abaixo da média dos demais grãos cultivados no país (EMBRAPA, 2010). Além disso, o óleo corresponde a cerca de 20% do peso do grão de soja, o volume destinado ao biodiesel representa aproximadamente 5 a 10% da produção total de soja em grão no Brasil. (Ministério da Agricultura e Pecuária, 2025).

Com o passar dos tempos a soja vem ganhando cada dia mais novas funcionalidades, tanto alimentícia quanto para produtos não convencionais, como por exemplo as finalidades citadas em uma pesquisa realizada pela EMBRAPA:

“São eles: utilização de óleo de soja em lubrificantes industriais, tinta pra impressão em gráfica, polímeros, compostos que substituem a madeira, usos na indústria de cosméticos, como por exemplo na

elaboração de protetores solares e cremes com ação antioxidante local, dentre outros inúmeros usos.” (EMBRAPA, 2010).

Além de atualmente ter ganhado grande alta no consumo diário na vida dos brasileiros, um dos motivos de tal relevância da soja recentemente é devido a estudos que apontam que ela é capaz de reduzir risco de diversas doenças, como relatado em uma pesquisa realizada pelo EMBRAPA:

“Segundo Mandarino, a soja vem ganhando espaço na mesa do brasileiro, principalmente, porque possui compostos capazes de reduzir os riscos de diversas doenças crônicas e degenerativas, e que hoje já consta da legislação de órgãos ligados a alimentos e saúde como, por exemplo, o *Food and Drug Administration (FDA-USA)*, agências europeias de saúde a própria Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), no Brasil.” (EMBRAPA, 2010).

1.3. Produtividade

A produtividade brasileira passou de 1.369,4 kg.h na safra de 1985/86 para 3.560 kg.h na safra de 2024/25, tais melhorias não são devidas somente ao aumento da área semeada, mas também pela aplicação de diversas técnicas de manejo avançadas, que permitiram o crescimento na produtividade, sendo sua área inicial cultivada de 9,6 milhões de hectares na safra de 1985/85 para 47,61 milhões de hectares na safra de 2024/25, relatando um crescimento de 395,94% em um intervalo de 40 anos (EMBRAPA, 2025), sendo um crescimento expressivo e colocando o Brasil como o maior produtor mundial.

2. Mercado da Soja

O estado que se destaca como maior produtor de soja no Brasil é o Mato Grosso, destinando 12,74 milhões de hectares para cultivo do grão. Os estados do Paraná, Goiás e Rio Grande do Sul também possuem espaço no cenário produtivo. Durante a safra 24/25 o Mato Grosso produziu o equivalente a 50,6 milhões de toneladas. De acordo com a revista FATORMt, a produção do estado na próxima

década pode chegar a 16,62 milhões de hectares, um incremento de 33,18% com uma produtividade média de 64,71 sacas por hectares. (FATORmt, 2024).

O Brasil é o país mais potente na exportação de soja, liderando o mercado mundial e sendo o maior produtor e exportador do grão. Ele possui uma vasta área de plantio e um papel cada vez mais importante no fornecimento global. (Embrapa, 2025). O maior importador do grão é a China, possuindo uma forte demanda por ração animal e adotando cerca de 103 milhões de toneladas em seu ciclo comercial. (CNN Brasil, 2025).

Um bom planejamento é capaz de gerar uma efetiva rotação de culturas, além disso a avaliação das condições climáticas é fundamental para verificar a adaptabilidade da soja em determinado solo e região. As regiões que podem apresentar médias de produtividade inferiores quando comparadas ao Centro-Oeste e ao Sul são: Norte e algumas áreas do Nordeste devido a diversos fatores como, a irregularidade pluviométrica e baixa umidade do solo. (Conab, p.87, 2025).

Dentre os desafios de pesquisa para produção encontram-se a diversificação de pragas e doenças, as quais impõem a necessidade do desenvolvimento de estratégias para combate de tais invasoras. Em contrapartida, outros desafios enfrentados estão relacionados com a sustentabilidade e preservação do solo, buscando pela redução de insumos químicos, principalmente de fertilizantes nitrogenados. (Landgraf, 2025).

O regime de chuvas e adoção de novas tecnologias torna-se diferente em cada estado devido ao déficit hídrico e as ondas de alta temperatura, os quais afetam a produtividade de determinadas regiões, especificamente a da região sul. Outro fator desafiador foi o aumento no custo de produção de soja, em função da pandemia do COVID-19. Dados divulgados por pesquisadores da Embrapa afirmam que o custo da semente, por exemplo, ficava em torno de 5%, e posteriormente chegou a superar os 10% no custo de produção. (Rosa e Gazonni, 2025).

Os motivos pelos quais o preço da soja poderá sofrer oscilações, são as variações climáticas ocorridas em diferentes regiões, a quebra da safra em países que a produzem, estoques globais elevados, entre outras motivações. De acordo com o CEPEA (Paranaguá) atualmente o preço da soja avalia-se em R\$ 140,29 por saca. (CEPEA, 2025).

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2023) a projeção de exportação da soja estimada para 2032/33 refere-se a 121,4 milhões de toneladas. A projeção do USDA para o Brasil poderá alcançar em 2032/33 cerca de 130,4 milhões de toneladas exportadas. A variação prevista por esse órgão em 2032/33 relativamente a 2022/23 é de um aumento na quantidade exportada de soja grão da ordem de 40,9 milhões de toneladas. As projeções do USDA (2023) indicam que o Brasil deverá ter uma participação de 60,6% nas exportações mundiais. (MAPA, p.41 2023 apud USDA, 2023).

3. Plantio direto, histórico e evolução e implementos específicos e suas funções

O surgimento do SPD ocorreu por volta da metade do século XX, com as primeiras pesquisas nos Estados Unidos. A motivação principal foi a crise de erosão do solo, que devastou grandes áreas agrícolas e resultou em um movimento global pela Agricultura de Conservação. As primeiras máquinas foram adaptadas de semeadoras convencionais, mas foi a partir da década de 1970 que o sistema começou a se expandir em países como o Brasil, Argentina e Austrália.

No Brasil, a introdução e a adaptação do SPD foram cruciais para o desenvolvimento agrícola. Diferentemente dos solos de clima temperado, os solos brasileiros, especialmente os do Cerrado, são mais frágeis, ácidos e com baixa fertilidade natural. A agricultura convencional com intensa aração acelerava a degradação e a erosão. Produtores visionários, com o apoio de pesquisadores e empresas de máquinas, como a Fundação ABC no Paraná, foram pioneiros na adaptação do sistema, desenvolvendo equipamentos e manejos específicos para as condições tropicais. O SPD tornou-se um dos principais fatores para a expansão da produção de grãos no Brasil, permitindo o cultivo em solos que antes eram considerados marginais.

3.1. Implementos específicos e suas funções

O sucesso do SPD depende diretamente do uso de equipamentos adequados.

- Semeadoras e plantadeiras: Essenciais para o SPD, essas máquinas são equipadas com discos de corte (coulters), que cortam a palhada e o solo antes da deposição da semente e do fertilizante. Possuem sulcadores ou discos duplos para abrir o sulco e unidades de dosagem pneumáticas ou mecânicas que garantem uma distribuição precisa de sementes e insumos.

- Roladores e mulchers: Utilizados para o manejo de plantas de cobertura, como o azevém e a aveia, esses equipamentos amassam e quebram as hastes, formando uma camada uniforme de palhada no solo.

- Subsoladores: Usados para descompactação localizada sem revolver a palhada, quebrando a camada compactada e permitindo a infiltração de água e o desenvolvimento das raízes.

- Aplicadores de insumos e tecnologias de precisão: Pulverizadores e adubadoras que, com o uso de GPS e sensores, aplicam insumos apenas onde são necessários, aproveitando melhor o uso de fertilizantes, sementes e defensivos.

4. Calagem no Sistema de Plantio Direto (SPD)

O Sistema Plantio Direto (SPD) tem ganhado muita força no Brasil, especialmente entre quem quer produzir mais e ao mesmo tempo cuidar bem do solo. A ideia de manter o solo sempre coberto com palha, não mexer nele e focar na sua saúde é o que faz esse sistema ser tão bom. Mas, para que tudo isso funcione a longo prazo, não dá para ignorar a acidez do solo.

Diferente do jeito antigo, onde o solo era arado e gradeado, no SPD ele fica praticamente intocado. Isso tem muitas vantagens, mas também muda a forma de lidar com a acidez. Fazemos análise do solo a cada dois anos, olhando principalmente a camada de 0 a 10 cm, que é onde a mágica acontece no SPD. Essa análise vai te dizer se é hora de colocar calcário.

Com o tempo, é normal que a parte de cima do solo fique mais ácida. Isso acontece porque usamos muito adubo nitrogenado (como ureia e sulfato de amônio),

que deixam o solo mais ácido; a colheita tira nutrientes; e a chuva leva embora o cálcio e o magnésio. No sistema de plantio direto (SPD), o solo geralmente apresenta maior teor de matéria orgânica, o que contribui para a retenção do alumínio tóxico, reduzindo sua disponibilidade e, conseqüentemente, os danos ao sistema radicular das plantas.

Na prática, isso quer dizer que, muitas vezes, dá para usar menos calcário do que no sistema convencional. De modo geral, a gente usa só metade da dose recomendada para solos arados, sem passar de 2 toneladas por hectare. Em lugares como o Cerrado, é comum buscar uma saturação por bases entre 50% e 60%, o que já é ótimo para as plantas se desenvolverem.

Outro detalhe importante é como aplicar. Como não tem preparo do solo, o calcário é jogado direto na superfície, sem misturar. O ideal é fazer isso antes de começar a chover, porque a própria água da chuva vai ajudando a levar o calcário para camadas mais profundas com o passar do tempo. Claro que isso não é imediato, mas já tem muita pesquisa mostrando que, mesmo sem misturar, os efeitos da calagem na superfície aparecem com o tempo – principalmente em solos mais arenosos e em áreas que já estão há mais tempo no SPD.

Isso acontece por alguns motivos. Um deles é a água, que carrega partículas finas de calcário para dentro do solo. Outro é o movimento de nutrientes como o cálcio, que vão junto com compostos orgânicos que se dissolvem. E não podemos esquecer da fauna e dos microrganismos do solo – como minhocas, insetos e bactérias – que contribuem para incorporar a matéria orgânica aos corretivos.

Além da calagem, em alguns casos, o gesso agrícola pode ser um bom reforço, principalmente a partir do quarto ano de SPD. O gesso não substitui o calcário, mas ele se dissolve mais fácil, o que ajuda a agir em camadas mais profundas. Ele fornece cálcio e ajuda a diminuir o alumínio tóxico em locais aonde o calcário não chega tão fácil. A dose sugerida é geralmente 25% da dose do calcário e pode ser aplicado junto.

5. Adubação e Sistema de Plantio Direto

A adubação no Sistema Plantio Direto é um dos principais fatores que influenciam o desempenho das culturas, sendo decisiva para alcançar altas produtividades. Diferentemente do sistema convencional, onde há revolvimento do solo e incorporação dos fertilizantes, no SPD os nutrientes aplicados permanecem, em sua maioria, na superfície. Esse aspecto gera desafios e, ao mesmo tempo, benefícios relacionados à eficiência da adubação e ao manejo da fertilidade do solo.

Segundo Caires et al. (2006), no SPD a estratificação de nutrientes é um fenômeno comum, pois o fósforo, o potássio e a matéria orgânica tendem a se acumular nas camadas superficiais do solo. Apesar disso, esse acúmulo não compromete a produtividade, pois as raízes da soja possuem elevada capacidade de explorar diferentes profundidades, aproveitando os nutrientes disponíveis.

Além disso, a presença de palhada na superfície contribui para o aumento da matéria orgânica e para a ciclagem de nutrientes, diminuindo a necessidade de adubações corretivas frequentes. Conforme Denardin et al. (2019), “a palhada oriunda de plantas de cobertura exerce papel essencial no fornecimento de nutrientes, especialmente potássio e nitrogênio, liberados de forma gradativa” (DENARDIN et al., 2019, p. 230).

Outro ponto relevante é que a adubação no SPD deve estar sempre associada à rotação de culturas, pois cada espécie contribui de maneira diferente para o equilíbrio nutricional. As leguminosas, por exemplo, são importantes pela fixação biológica de nitrogênio, enquanto gramíneas como o milho ou o milheto ajudam na produção de grande quantidade de biomassa, essencial para manter a cobertura do solo.

Na cultura da soja, a eficiência da adubação no SPD é elevada quando se adota o manejo adequado de fósforo e potássio, elementos fundamentais para o crescimento da planta e a formação dos grãos. Além disso, a inoculação de rizóbios continua sendo indispensável, pois garante o suprimento de nitrogênio à cultura, reduzindo custos e aumentando a sustentabilidade. Hungria, Nogueira e Araujo (2016) destacam que “a co-inoculação da soja com *Bradyrhizobium* spp. e *Azospirillum* brasilense representa uma ferramenta biotecnológica eficaz para aumentar a produtividade e a sustentabilidade” (HUNGRIA; NOGUEIRA; ARAUJO, 2016, p. 1335).

Portanto, a adubação em sistema de plantio direto vai além da simples aplicação de fertilizantes. Ela envolve uma estratégia integrada, considerando a ciclagem de nutrientes, a rotação de culturas e a preservação da estrutura do solo.

Essa integração permite manter a fertilidade, reduzir impactos ambientais e garantir a sustentabilidade da produção de soja no longo prazo.

6. Perspectiva do Sistema Plantio Direto no Mundo

O Sistema de Plantio Direto (SPD) é amplamente reconhecido como um dos sistemas mais avançados para a produção agrícola sustentável, transformando os métodos de preparo do solo e representando um dos maiores avanços no processo produtivo agrícola. Sua trajetória começou entre as décadas de 1950 a 1970, nos Estados Unidos e na Inglaterra, quando os agricultores perceberam um aumento nos problemas de produtividade em decorrência do uso do método de preparo tradicional, especialmente ao buscarem soluções para diminuir a erosão do solo. Desde então, esse sistema de cultivo evoluiu de uma opção básica para controle da erosão a um método altamente eficiente em termos de produtividade e serviços ecossistêmicos, proporcionando benefícios ambientais, econômicos e sociais em larga escala, tanto para os produtores quanto para a sociedade.

Dentre os países que adotaram o SPD, o Brasil e os EUA estão quase empatados em área de cultivo, seguidos pelo Canadá, Austrália e Argentina, sendo que em todo o mundo há mais de 100 milhões de hectares cultivados nesse sistema (FEBRAPDP, 2009). A adoção dessa prática em todo o mundo evidencia que o sistema de plantio direto não deve mais ser considerado um sistema agrícola temporário, mas sim um sistema consolidado e de alcance global, se estabelecendo como um dos maiores progressos de produção agrícola.

O sucesso do SPD se apoia principalmente em três pilares fundamentais: o não revolvimento do solo, a cobertura vegetal permanente e a rotação de culturas. Esses princípios trazem inúmeros benefícios que garantem uma melhor conservação do solo. Segundo Lauro Rodrigues, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros:

"Sob a ótica da conservação do solo e da água, o planejamento direto traz diversos benefícios, pois reduz a erosão e a perda de nutrientes,

evita o assoreamento de rios, enriquece o solo com matéria orgânica na superfície, menor compactação do solo, menos aração e gradagem, resultando em menor uso dos tratores e menor desgaste, causando assim menos impacto ao meio ambiente” (Lauro Rodrigues, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros).

A implementação do SPD tem se tornado destaque global, e o Brasil é reconhecido como um dos principais líderes na área de SPD, com mais de 32 milhões de hectares cultivados nesse sistema, incluindo pequenos, médios e grandes produtores. Esse avanço foi alcançado devido à adaptação do sistema às condições tropicais e subtropicais, onde a alta taxa de decomposição da matéria orgânica representava um desafio. Com a utilização de plantas de cobertura e rotação de culturas, a prática tornou-se viável e altamente produtiva (EMBRAPA, 2020).

Deste modo é perceptível que, a perspectiva do Sistema de Plantio Direto no mundo é extremamente positiva, trazendo inúmeros benefícios que além de melhorar a eficiência produtiva, contribui de forma significativa para a sustentabilidade da agricultura global. Como resultado trazendo uma prática que alia produtividade e preservação ambiental, mostrando-se essencial diante das mudanças climáticas e da necessidade de alimentar uma população mundial crescente.

7. Cultura da soja no plantio direto e rotação de culturas

A expansão da agricultura "moderna" ocorreu simultaneamente à evolução do complexo agroindustrial, modernizando a base técnica dos meios de produção, alterando as formas de produção agrícola e gerando efeitos sobre o ambiente, principalmente ao solo. (Balsan, p.3, 2006). Diante disso, torna-se indispensável a fomentação de técnicas que diminuam os impactos sobre o solo causados pelas grandes produções anuais. Dentre as técnicas, destaca-se o sistema de plantio direto, a rotação de culturas, o terraceamento, a adubação verde, entre outros.

Por sua vez, a rotação de culturas propicia qualidade física ao solo, bem como controle da dinâmica de pragas, doenças e plantas daninhas, resultando em aumentos na produtividade de todas as culturas econômicas, inclusive a da soja. Essa prática consiste na alternância de espécies vegetais em uma sequência de cultivo de

diferentes culturas, essas plantadas em uma mesma localidade em um intervalo de tempo inferior a um ano. (Embrapa, 2021).

Para a escolha da espécie deve-se levar em conta os aspectos físicos da raiz da cultura e a climatologia do lugar escolhido, averiguando se tal planta adequa-se a ele, também os fins econômicos da prática e a escolha de uma cultura que não facilite a multiplicação de patógenos e de pragas. As culturas como milho, sorgo e algodão, por exemplo, se adaptam mais ao verão e geram bons fins econômicos e lucrativos para o produtor. Já o trigo, a cevada e aveia branca, se adaptam mais ao inverno e trazem impactos positivos ao solo. (Santos, et al, 2021)

Segundo a FEBRAPDP, a adoção do Sistema de Plantio Direto (SPD) proporcionou diversas melhorias ambientais, como a diminuição expressiva da poluição dos recursos hídricos, maior estabilidade ecológica nas áreas de cultivo, transformação da flora e da fauna, assegurando um equilíbrio entre organismos benéficos e prejudiciais ao sistema produtivo, além do fim da prática das queimadas. (Peché Filho, 2025).

De acordo com a Embrapa, nos últimos anos a soja vêm sendo escolha principal como cultura adaptada para o plantio direto, vindo posteriormente uma cultura geradora de palhada, como por exemplo o milho. Ao início do SPD, é preferível a utilização de plantas que gerem alta quantidade de resteva e palha, visando acelerar o processo de consolidação do sistema. Para ele, as plantas com alta relação C/N e alto teor de ligninas, comumente encontradas em gramíneas, são preferíveis. (Passos, Alvarenga e Santos, p.19, 2025).

A rotação de culturas desenvolve-se equiparadamente ao sistema do plantio direto, considerando-se ambas dependentes entre si para gerar os seus respectivos resultados. Além disso, a adoção dessas práticas sustentáveis na cultura da soja, destacam-se como uma abordagem eficaz para promover a sustentabilidade ambiental, melhorar a estrutura do solo, reduzir a incidência da erosão e gerar maior retenção de umidade. (Pizol, 2025).

8. Sequestro de carbono e plantio direto

De acordo com o Relatório de Emissão Veiculares da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, os carros são encarregados por gerar cerca de 72,6% na emissão dos gases de efeito estufa e com isso, são responsáveis pelo aumento da chuva ácida, que provoca sérias alterações no solo, nas águas e na vegetação. (PCPV; Summit Mobilidade, 2019).

Dentre várias alternativas que mitigam os efeitos climáticos e os impactos gerados ao meio ambiente, encontra-se o sequestro de carbono, especificamente aplicado ao sistema do plantio direto. O solo é um importante reservatório de carbono e a adoção do SPD favorece o acúmulo de matéria orgânica na superfície dele. Como exemplo, a palhada restante da soja, a qual fixa este carbono nela evitando sua proliferação em forma de CO₂ (dióxido de carbono) na atmosfera. (Filizola, et al, 2025).

Segundo Carlos Eduardo Pacheco Lima, pesquisador da Embrapa Hortaliças: “O SPD acumula, por hectare de lavoura, cinco toneladas a mais de carbono no solo do que o sistema convencional, mostrando sua importância para contribuição da erradicação dos gases de efeito estufa”. (LIMA, 2025)

O carbono orgânico particulado (COP) decompõe-se rapidamente pelos restos vegetais da palhada. Quanto maior a quantidade de COP no solo, maior será a probabilidade de parte dele se tornar carbono estável a partir da ação da microbiota do solo. A estabilização do carbono se dá pelo nome: Carbono Orgânico Associado aos Minerais (COAM), ela ocorre pela ação da microbiota do solo, a qual transforma moléculas mais simples presentes na palhada em moléculas mais complexas, e essas apresentam grupos funcionais que originam cargas elétricas, possibilitando interações químicas com a superfície dos minerais de argila do solo. (Rodrigues, Pacheco, 2025).

Segundo a Embrapa, pesquisas recentes em andamento, envolvendo sistemas de rotação de cultivos mais elaborados com elevada produção de palha, como a integração lavoura-pecuária sob SPD, vêm exibindo taxas bem mais elevadas de sequestro de carbono no solo. Deve-se salientar ainda, que o SPD além de auxiliar no sequestro de carbono pelo solo e na conservação do solo contra erosão, entre outros benefícios já mencionados, implica em significativa economia de consumo de combustível, o que reduz a emissão de GEEs, em comparação com o cultivo convencional. (Molina, Mattos, Nogueira, 2025).

De acordo com um artigo publicado pela Esalq/USP:

"A tendência de maior emissão de N₂O no SPD é atribuída principalmente a dois fatores básicos: maior conteúdo de nitrogênio no solo sob SPD; e melhor retenção e acúmulo de água no solo, formando sítios de baixa oxigenação e criando, assim, condições para que ocorra a desnitrificação com mais frequência do que ocorre no sistema convencional, em que o solo é revolvido de maneira periódica e a oxigenação é significativamente maior." (USP 2025, *apud*, Carvalho, Pellegrino Cerri, Clemente Cerri, 2025).

A disponibilidade de nitrogênio (N) no solo é influenciada pelo tempo de adoção do Sistema Plantio Direto (SPD), pelos teores de matéria orgânica, pelo regime de chuvas, pelos sistemas de rotação e pelas características dos resíduos da cultura anterior. Com a estabilização do SPD, tende a ocorrer redução na necessidade de adubação nitrogenada, uma vez que a mineralização da matéria orgânica e dos restos vegetais passa a suprir parte da demanda, sobretudo quando a cultura antecessora é leguminosa. Nessa situação, é importante sincronizar a liberação de nitrogênio com a exigência da planta, garantindo maior eficiência no uso do nutriente. Em termos práticos, aplicam-se menores doses no momento da semeadura, enquanto a adubação de cobertura pode ser dividida em parcelas para melhorar o aproveitamento pela cultura e diminuir perdas. (USP, Carvalho, Pellegrino Cerri, Clemente Cerri, 2025).

De acordo com o artigo publicado pela Scielo, em um experimento realizado no município de Tibagi (PR):

"A semeadura da soja ocorreu em outubro de 2000, utilizando-se 200 kg ha⁻¹ de superfosfato simples na adubação de base. Em janeiro de 2001, foi realizada a adubação de cobertura com 150 kg ha⁻¹ de KCl. A colheita ocorreu em abril de 2001, alcançando produtividade de 3.640 kg ha⁻¹. Após a colheita, o solo permaneceu recoberto por cerca de 5.200 kg ha⁻¹ de resíduos culturais". Em maio de 2001, com o solo protegido pela palhada da soja, observou-se elevação dos teores de N-inorgânico, que atingiram 1,8 e 2,2 g m⁻² de N nos tratamentos com 12 e 22 anos de cultivo, respectivamente. Nesse período, o N na forma de nitrato correspondeu a aproximadamente 85% do N-inorgânico presente no solo. O aumento registrado em relação a fevereiro de 2001 pode ser atribuído à maior facilidade de decomposição dos resíduos da soja, que apresentam baixa relação C:N, favorecendo a mineralização do nitrogênio neles contido." (Neto, 2009)

A adoção de práticas agrícolas que favoreçam a deposição de resíduos vegetais na superfície e reduzam a mobilização do solo contribui para o aumento dos

teores de carbono orgânico estável, promovendo a acumulação gradual de matéria orgânica ao longo do tempo. Nesse contexto, o SPD destaca-se por preservar níveis mais elevados de fertilidade do solo, em função da manutenção da palhada, favorecendo a permanência do carbono e sua posterior incorporação ao solo, já que os resíduos possuem uma decomposição mais lenta. (Rodrigues, 2025).

O sequestro de carbono beneficia não só o meio ambiente, mas também a relação entre o desenvolvimento da planta e a resposta do solo, evitando o processo de erosão, infestação de pragas e doenças, e contribuindo ao mesmo tempo para o aumento de fertilidade do solo e progressão da segurança alimentar. (Saiz, 2013).

As plantas captam CO₂ da atmosfera por meio da fotossíntese e transformam-no em matéria orgânica incorporado ao solo através de restos vegetais das raízes. Uma fração significativa do carbono fixado é liberada pelas raízes, em forma de compostos orgânicos. Esses, servem de alimento para a microbiota do solo, estimulando a atividade biológica e contribuindo para a formação e desenvolvimento de biomassa microbiana. (Agrodvance, 2025).

A gerência constante do solo é necessária para estacionar o carbono, agindo como reservatório contra o aumento dos GEEs e evitando a possível degradação da superfície. Solos mais ricos em matéria orgânica possuem a capacidade de reter mais água e nutrientes, prevenindo assim a degradação do meio ambiente e futuramente o aumento das mudanças climáticas. (Filizola, et al, 2025).

A matéria orgânica possui diversos benefícios e estratégias para manter a fertilidade do solo, como promover a ciclagem de nutrientes e reter a umidade. A matéria orgânica do solo está interligada ao sequestro de carbono, apresentando uma estratégia dupla, a qual promove a sustentabilidade ambiental, mitigando gases de efeito estufa e melhorando a produtividade agrícola ao aumentar a fertilidade. Práticas de manejo que favorecem a incorporação e estabilização do carbono são fundamentais para sistemas agrícolas modernos e sustentáveis. (Pizol, 2023).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo permitiu compreender a relevância do Sistema de Plantio Direto (SPD) como uma prática essencial para o desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável e eficiente, especialmente na cultura da soja, uma das principais culturas agrícolas do Brasil. A análise evidenciou que o SPD proporciona benefícios significativos para o solo, como a melhoria na estrutura física, o aumento da matéria orgânica, a conservação da umidade e a redução dos processos erosivos.

Além disso, observou-se que a adoção de técnicas como a rotação de culturas e o manejo adequado da adubação e calagem potencializam os efeitos positivos do SPD, promovendo um ambiente favorável para o crescimento radicular e para o equilíbrio dos nutrientes no solo. O sistema também se destacou como um aliado na mitigação das mudanças climáticas, por meio do sequestro de carbono, contribuindo para a redução dos gases de efeito estufa e para o equilíbrio ambiental.

Do ponto de vista econômico, a implementação do SPD e o avanço das tecnologias de manejo têm elevado a produtividade da soja, fortalecendo a posição do Brasil como líder mundial na produção e exportação do grão. Contudo, o estudo reforça a importância da continuidade das pesquisas e do incentivo à capacitação dos produtores, de modo a ampliar o conhecimento sobre as boas práticas agrícolas e assegurar a sustentabilidade do sistema a longo prazo.

Portanto, conclui-se que o Sistema de Plantio Direto não apenas otimiza o desempenho produtivo da soja, mas também representa uma estratégia fundamental para conciliar produção, preservação ambiental e responsabilidade social, garantindo o futuro da agricultura brasileira e contribuindo para a segurança alimentar global.

REFERÊNCIAS

AGROADVANCE. **Sequestro de carbono no solo**. AgroAdvance Blog, 2024. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-sequestro-de-carbono-no-solo/>. Acesso em: 14 set. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Produção de grãos atingirá 379 milhões de toneladas nos próximos dez anos, com crescimento de 27%**. Governo Federal, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/producao-de-graos-atingira-379-milhoes-de-toneladas-nos-proximos-dez-anos-com-crescimento-de-27>. Acesso em: 17 ago. 2025.

CAMPOS, Margarida Cássia. **Modernização da agricultura, expansão da soja no Brasil e as transformações socioespaciais no Paraná**. Revista Geografar, v. 6, n. 1, p. 164-165, jun. 2011. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/geografar/article/view/21808/14203>. Acesso em: 17 ago. 2025.

CASÃO JÚNIOR, Ruy. **Como evoluíram as semeadoras-adubadoras para o Sistema Plantio Direto no Brasil**. Revista Plantio Direto, 2015. Disponível em: <https://plantiodireto.com.br/artigos/82>. Acesso em: 11 set. 2025.

DERPSCH, Rolf. Historical review of no-tillage cultivation of crops. 2008. Disponível em: <https://www.rolf-derpsch.com/en/no-till/historical-review/>. Acesso em: 11 set. 2025.

CEPEA. Indicador da soja. Cepea – **Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada**, 2024. Disponível em: <https://www.cepea.org.br/br/indicador/soja.aspx>. Acesso em: 26 set. 2025.

CNN BRASIL. **Demanda maior por alimentos exige aumento na produção**, diz China. CNN Brasil, 2024. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/demanda-maior-por-alimentos-exige-aumento-na-producao-diz-china/>. Acesso em: 20 ago. 2025.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **12º Levantamento da safra 2024/25**: Boletim da safra de grãos. Conab, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/12o-levantamento-safra-2024-25/e-book_boletim-de-safras-12o-levantamento_2025.pdf. Acesso em: 20 ago. 2025.

EMBRAPA. **Adubação antecipada no sistema plantio direto**. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/901112/adubacao-antecipada-no-sistema-plantio-direto>. Acesso em: 26 set. 2025.

EMBRAPA. **Adubação em SPD consolidado**. In: EMBRAPA. Agência de Informação Tecnológica – Temáticas: Sistema Plantio Direto. Fazendo certo / Planejando e executando / Fase de pós-implantação / Manejo da fertilidade do solo. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/sistema-plantio-direto/fazendo-certo/planejando-e>

[executando/fase-de-pos-implantacao/manejo-da-fertilidade-do-solo/adubacao-em-spd-consolidado](#). Acesso em: 26 set. 2025.

EMBRAPA. **Cadeia produtiva aponta desafios para mercado da soja brasileira.** Embrapa Notícias, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/102552111/cadeia-produtiva-aponta-desafios-para-mercado-da-soja-brasileira>. Acesso em: 25 set. 2025.

EMBRAPA. **Conceitos e benefícios da rotação de cultura.** Agência de Informação Tecnológica, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/producao/rotacao-de-culturas/conceitos-e-beneficios-da-rotacao-de-cultura>. Acesso em: 31 ago. 2025.

EMBRAPA. **Dados econômicos. In: Soja/Cultivos.** Embrapa, [s.d.]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 10 set. 2025.

EMBRAPA. **Fundamentos do Sistema Plantio Direto.** [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/sistema-plantio-direto/fundamentos>. Acesso em: 26 set. 2025.

EMBRAPA. **História da soja. In: Soja/Cultivos.** Embrapa, [s.d.]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/historia>. Acesso em: 25 set. 2025.

EMBRAPA. **Importância socioeconômica da soja.** Agência de Informação Tecnológica, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/pre-producao/socioeconomia/importancia-socioeconomica-da-soja>. Acesso em: 20 ago. 2025.

EMBRAPA. **Manejo adequado do solo aumenta sequestro de carbono em áreas irrigadas.** Embrapa Notícias, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/72379135/manejo-adequado-do-solo-aumenta-sequestro-de-carbono-em-areas-irrigadas>. Acesso em: 17 set. 2025.

EMBRAPA. **Mudança de uso da terra impacta o carbono do solo.** Embrapa Notícias, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/98978701/mudanca-de-uso-da-terra-impacta-o-carbono-do-solo>. Acesso em: 11 set. 2025.

EMBRAPA. **Plantio direto tem potencial para sequestrar carbono na produção de hortaliças.** Embrapa Notícias, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/34126519/plantio-direto-tem-potencial-para-sequestrar-carbono-na-producao-de-hortalicas>. Acesso em: 10 set. 2025.

EMBRAPA. **Prosa Rural – Manejo do solo para aumento da produtividade de soja.** Embrapa Notícias, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2297162/prosa-rural---manejo-do-solo-para-aumento-da-produtividade-de-soja>. Acesso em: 19 set. 2025.

EMBRAPA. **Rotação de culturas**. Agência de Informação Tecnológica, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/producao/manejo-do-solo/rotacao-de-culturas>. Acesso em: 31 ago. 2025.

EMBRAPA. **Sistema de Plantio Direto**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1101765/1/Sistemaplantio.pdf>. Acesso em: 11 set. 2025.

EMBRAPA. **Sistema Plantio Direto no Sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. Disponível em: <https://www.cpatc.embrapa.br/conservasolo/imagens/11.pdf>. Acesso em: 11 set. 2025.

ENTRESOLOS. **Sistema Plantio Direto possibilita uso sustentável da água**. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.entresolos.org.br/sistema-plantio-direto-possibilita-uso-sustentavel-da-agua/>. Acesso em: 26 set. 2025.

ESALQ/USP. **Sequestro de carbono no solo: estratégias e resultados**. Visão Agrícola, n. 9, 2008. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA9-Ambiente01.pdf>. Acesso em: 25 set. 2025.

ESTADÃO. **Automóveis são a principal fonte de emissão de gases poluentes**. Summit Mobilidade Estadão, 2024. Disponível em: <https://summitmobilidade.estadao.com.br/ir-e-vir-no-mundo/automoveis-sao-a-principal-fonte-de-emissao-de-gases-poluentes/>. Acesso em: 10 set. 2025.

FATOR MT. **Projeção mostra como Mato Grosso deve produzir 149 toneladas de grãos e plumas nos próximos 10 anos**. Fator MT, 2024. Disponível em: <https://fatormt.com.br/noticias/agro/projecao-mostra-como-mato-grosso-deve-produzir-149-toneladas-de-graos-e-plumas-nos-proximos-10-anos/11400040>. Acesso em: 13 ago. 2025.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA – FEBRAPDP. **Equilíbrio ecológico no sistema plantio direto. Plantio Direto**, 2024. Disponível em: <https://plantiodireto.org.br/equilibrio-ecologico-no-sistema-plantio-direto>. Acesso em: 01 set. 2025.

FREITAS, Márcio de Campos Martins de. **A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 7, n. 12, p. 6, 2011. Disponível em: <https://www.cursosprofec.com.br/escola/apostilas/basico-em-cultivo-de-soja-pfc-1.pdf>. Acesso em 14 set. 2025.

IDR PARANÁ. **Sistema Plantio Direto: inovação que brotou no Norte do Paraná e conquistou o mundo**. [s.l.], 9 maio 2025. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/Noticia/Sistema-Plantio-Direto-inovacao-que-brotou>

[no-Norte-do-Parana-e-conquistou-o-mundo](#). Acesso em: 26 set. 2025.

LANDERS, John N. **How and Why the Brazilian Zero Tillage Explosion Occurred**. Disponível em:

https://plantiodireto.org.br/uploads/download/publicacoes/Isco_final_Revised_versao_americana_s_figuras.pdf. Acesso em: 11 set. 2025.

LOSS, A. et al. **Manejo de sistemas agrícolas e seus efeitos no sequestro de carbono no solo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 47, n. 6, p. 715-722, 2012.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/pab/a/t8sFnC7HTz7zHwvmWzTmNQr/?format=html&lang=pt>.

Acesso em: 17 set. 2025.

MARQUES, Frank de Souza. [Título do trabalho não informado]. [s.l.], [s.d.].

Disponível em:

<https://repositorio.ifes.edu.br/bitstream/handle/123456789/2829/Marques%2C%20Frank%20de%20Souza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 26 set. 2025.

MELLO, I.; et al. **No-till for sustainable agriculture in Brazil**. In: World Congress on Conservation Agriculture, 3., 2005, Nairobi. Proceedings [...]. Nairobi: FAO, 2006.

Disponível em: <https://conservationagriculture.org/app/uploads/2019/02/NO-TILL-FOR-SUSTAINABLE-AGRICULTURE-IN-BRAZIL-MELLO-et-al-2006.pdf>.

Acesso em: 11 set. 2025.

NUTRIÇÃO DE SAFRAS. **A importância da matéria orgânica na fertilidade do solo**. Nutrição de Safras, 2024. Disponível em:

<https://nutricaoodesafras.com.br/a-importancia-da-materia-organica-na-fertilidade-do-solo>. Acesso em: 09 set. 2025.

PENSARAGRO. **Plantio direto chega aos 50 anos com 32 milhões de hectares plantados no Brasil**. [s.l.], [s.d.]. Disponível em:

<https://pensaragro.com.br/plantio-direto-chega-aos-50-anos-com-32-milhoes-de-hectares-plantados-no-brasil/>. Acesso em: 26 set. 2025.

PEREIRA, S. M. **Soja e desenvolvimento regional no cerrado brasileiro**. Campo-Território: Revista de Geografia Agrária, v. 7, n. 14, p. 64-87, 2012. Disponível em:

<https://seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/article/download/11787/8293/0>. Acesso em: 31 ago. 2025.

SILVA, A. A. da; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; TIRONI, S. P.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. F.; ASPIAZÚ, I.; AGNES, E. L. **Sistema de plantio direto na palhada e seu impacto na agricultura brasileira**. Revista Ceres, v. 56, n. 4, p. 370-378, 2009.

Disponível em: <https://ojs.ceres.ufv.br/ceres/article/view/3458/1356>. Acesso em: 26 set. 2025.

SILVA, Isabella. [Título do trabalho não informado]. [s.l.], [s.d.]. Disponível em:

https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/48553/1/ISABELLA_SILVA.pdf. Acesso em: 26 set. 2025.

SILVA, J. G.; MACHADO, R. L.; DIAS, V. O. **Semeadoras-adubadoras da atualidade e sua compatibilidade com tratores de baixa potência**. Engenharia

Agrícola, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 648-657, 2007. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/317146612_Semeadoras-adubadoras da atualidade e sua compatibilidade com tratores de baixa potencia](https://www.researchgate.net/publication/317146612_Semeadoras-adubadoras_da_atualidade_e_sua_compatibilidade_com_tratores_de_baixa_potencia). Acesso em: 11 set. 2025.

SISTEMA Plantio Direto. **Embrapa**, 2019. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1101765/1/Sistemaplantio.pdf>. Acesso em: 02 set. 2025.