

Sistema de plantio direto e rotação de culturas no Cerrado

Direct tillage system and crop rotation in the Cerrado

Sistema de labranza directa y rotación de cultivos en el Cerrado

Recebido: 20/09/2022 | Revisado: 02/10/2022 | Aceitado: 03/10/2022 | Publicado: 10/10/2022

Mariana Aguiar Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0297-5576>
Universidade Federal de Goiás, Brasil
E-mail: marianaaguiar23@hotmail.com

Adriano Stephan Nascente

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6014-3797>
Embrapa Arroz e Feijão, Brasil
E-mail: adriano.nascente@embrapa.br

Anna Cristina Lanna

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8018-9349>
Embrapa Arroz e Feijão, Brasil
E-mail: anna.lanna@embrapa.br

Cássia Cristina Rezende

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8463-1907>
Universidade Federal de Goiás, Brasil
E-mail: cassiacristinarezende@hotmail.com

Dennis Ricardo Cabral Cruz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5209-7751>
Universidade Federal de Goiás, Brasil
E-mail: denisribral@gmail.com

Laylla Luanna de Mello Frasca

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3572-1145>
Universidade Federal de Goiás, Brasil
E-mail: layllafrasca@gmail.com

Amanda Lopes Ferreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3952-8967>
Universidade Federal de Goiás, Brasil
E-mail: agroamanda94@gmail.com

Izabely Vitória Lucas Ferreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6027-5474>
Universidade Federal de Goiás, Brasil
E-mail: izabelyvitoria1995@gmail.com

Jéssica Rodrigues de Mello Duarte

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8856-4537>
E-mail: jessicamelloagro@gmail.com

Marta Cristina Corsi de Filippi

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1676-8164>
Embrapa Arroz e Feijão, Brasil
E-mail: cristina.filippi@embrapa.br

Resumo

O Sistema de Plantio Direto (SPD) é uma prática agrícola conservacionista capaz de promover diversos benefícios, destacando-se as melhorias nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Embora seja um sistema que já está bem consolidado no Cerrado, a região ainda é caracterizada, principalmente, pelo monocultivo de soja ou sucessão (soja/milho), o que prejudica o solo e a produtividade a longo prazo. Assim a adoção da rotação de culturas, com diferentes espécies vegetais, como as plantas de cobertura, é uma das premissas básicas do SPD, fundamental para manter boa cobertura do solo e eficiente ciclagem de nutrientes. Dessa forma, o objetivo do trabalho, realizado por meio de uma pesquisa bibliográfica de caráter exploratório e abordagem qualitativa, foi trazer informações referentes ao SPD e a rotação de culturas para melhoria do solo do Cerrado. A rotação de culturas é uma prática viável de se empregar em áreas de cultivo agrícola, contribuindo para a melhoria da qualidade do solo, para o controle de plantas daninhas, doenças e pragas, reduzindo a necessidade da aplicação de agrotóxicos, além de otimizar o aproveitamento dos nutrientes. Em suma, conclui-se que a implantação do SPD no Cerrado, respeitando a premissa básica da rotação de culturas, é uma alternativa viável que contribui para a produção agrícola sustentável na região, além de ser uma prática de fácil execução, baixo custo e que proporciona ganhos produtivos, se feito da maneira correta.

Palavras-chave: Produção agrícola; Melhoria do solo; Produtividade; Sustentabilidade.

Abstract

The Direct Tillage System (DTS) is a conservationist agricultural practice capable of promoting several benefits, highlighting the improvements in the physical, chemical and biological attributes of the soil. Although it is a system that is already well established in the Cerrado, the region is still characterized mainly by soybean monoculture or succession (soybean/corn), which harms the soil and productivity in the long term. Thus, the adoption of crop rotation, with different plant species, such as cover crops, is one of the basic premises of the DTS, fundamental to maintain good soil cover and efficient nutrient cycling. In this way, the objective of the work, carried out through an exploratory bibliographic research and qualitative approach, was to bring information regarding the DTS and crop rotation to improve the Cerrado soil. Crop rotation is a viable practice to be used in agricultural cultivation areas, contributing to the improvement of soil quality, to the control of weeds, diseases and pests, reducing the need for the application of pesticides, in addition to optimizing the use of nutrients. In short, it is concluded that the implementation of the DTS in the Cerrado, respecting the basic premise of crop rotation, is a viable alternative that contributes to sustainable agricultural production in the region, in addition to being an easy-to-execute, low-cost practice that provides productive gains, if done correctly.

Keywords: Agricultural production; Soil improvement; Productivity; Sustainability.

Resumen

El Sistema de Labranza Directa (SLD) es una práctica agrícola conservacionista capaz de promover varios beneficios, destacándose las mejoras en los atributos físicos, químicos y biológicos del suelo. Aunque es un sistema que ya está bien establecido en el Cerrado, la región todavía se caracteriza principalmente por el monocultivo o la sucesión de soja (soja/maíz), lo que perjudica el suelo y la productividad a largo plazo. Así, la adopción de la rotación de cultivos, con diferentes especies vegetales, como cultivos de cobertura, es una de las premisas básicas del SLD, imprescindible para mantener una buena cobertura del suelo y un ciclo de nutrientes eficiente. Por lo tanto, el objetivo del trabajo, realizado a través de una investigación bibliográfica exploratoria y enfoque cualitativo, fue traer informaciones sobre el SLD y la rotación de cultivos para mejorar el suelo Cerrado. La rotación de cultivos es una práctica viable para ser utilizada en áreas de cultivo agrícola, contribuyendo al mejoramiento de la calidad del suelo, al control de malezas, enfermedades y plagas, reduciendo la necesidad de aplicación de pesticidas, además de optimizar el uso de nutrientes. o a través de una investigación bibliográfica exploratoria y enfoque cualitativo, se trató de traer informaciones sobre el SPD y la rotación de cultivos para mejorar el suelo del Cerrado. En síntesis, se concluye que la implementación del SPD en el Cerrado, respetando la premisa básica de la rotación de cultivos, es una alternativa viable que contribuye a la producción agrícola sostenible de la región, además de ser un método de fácil ejecución, bajo -Práctica económica que proporciona ganancias productivas, si se realiza correctamente.

Palabras clave: Producción agrícola; El mejoramiento del suelo; Productividad; Sustentabilidad.

1. Introdução

A crescente demanda por alimentos e o consumo exacerbado dos recursos naturais do planeta em função do crescimento populacional, aumento da expectativa de vida e tendência à padronização de consumo compromete a qualidade de vida da população mundial e gera graves consequências para as gerações futuras. Diante desse cenário, a busca por práticas e tecnologias sustentáveis de produção de alimentos é imprescindível para garantir oferta de alimentos com menor impacto socioambiental (Lopes et al., 2003).

Dentre as práticas agrícolas sustentáveis se destaca o Sistema Plantio Direto (SPD), que atinge mais de 33 milhões de hectares da área cultivada no Brasil, atualmente (Febrapdp, 2022). O SPD é uma técnica agrícola sustentável, uma vez que é reconhecida, mundialmente, como uma prática ambientalmente correta, capaz de reduzir as ações nocivas da erosão do solo, melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e mitigar os efeitos provocados pelas emissões de gases de efeito estufa, incrementar a biodiversidade e contribuir positivamente para o ciclo hidrológico (Valle, 2015), além de contribuir para a redução de insumos sintéticos (Mapa, 2020). Para os produtores de alimentos, os principais fatores que motivaram sua adoção foram a facilidade de execução, economia de tempo, maquinário e mão-de-obra; além da recuperação do potencial produtivo do solo (De Oliveira, 2009).

Uma das premissas básicas do SPD é a adoção de rotação de culturas, preferencialmente alternando culturas comerciais, como soja, milho, arroz, feijão e sorgo, com adubos verdes como crotalária, mucuna, feijão guandu e gramíneas como milheto e brachiarias, proporcionando recobrimento eficiente do solo, além de elevada ciclagem de nutrientes e aumento na produtividade das culturas em sucessão (Silva et al., 2006). A rotação de culturas é definida como plantio com alternância

de espécies, uma após a outra, na mesma área (Oliveira et al., 2010).). Para Oliveira et al. (2010), esta prática é recomendada com o objetivo de evitar a sucessão com a mesma cultura, que ameaça a sustentabilidade devido à exaustão causada pela mesma forma de exploração agrícola, além da maior incidência de pragas, doenças e plantas daninhas. Dessa forma, o uso de rotação de culturas com espécies produtoras de grande quantidade de biomassa (> 7 toneladas por hectare) proporciona a manutenção permanente de quantidade mínima de massa vegetal na superfície do solo (Mateus & Santos, 2012).

No Cerrado, o SPD é caracterizado pela baixa utilização de plantas de cobertura e rotação de culturas e, conseqüentemente, pouca palhada na superfície do solo, predominando a monocultura da soja e/ou o sistema contínuo de sucessão do tipo soja verão/milho safrinha (Carvalho, 2019; Kappes & Zancanaro, 2014). Para Carvalho (2019), a rotação adequada de culturas, nessa região, mesmo com baixa manutenção de cobertura do solo, favorece a ciclagem de nutrientes que, em última análise, pode aumentar a produtividade das culturas e a produção de biomassa nos agroecossistemas. Portanto, o objetivo dessa Revisão Bibliográfica é apresentar a importância do Sistema Plantio Direto (SPD) e da rotação de culturas para uma produção agrícola mais produtiva e sustentável, com ênfase na região do Cerrado.

2. Metodologia

Trata-se de um estudo de caráter teórico, por meio de uma pesquisa bibliográfica de caráter exploratório e abordagem qualitativa (Pereira et al., 2018), que envolveu, fundamentalmente, a análise de informações, buscando elencar as principais ideias e conceitos sobre o Sistema de plantio direto (SPD) e a rotação de culturas no Cerrado, suas principais características e os benefícios que proporcionam para o solo e as plantas. No entendimento do autor, o principal objetivo deste tipo de pesquisa pode ser tanto o aprimoramento de ideias, quanto a descoberta de intuições, o que o torna uma opção bastante flexível (Gil, 2018).

A pesquisa foi realizada de julho à setembro de 2022 e baseou-se, principalmente, em artigos científicos retirados da plataforma online do Google Acadêmico e da base de dados SciELO. Foram utilizados também, em menores quantidades, documentos como dissertações, teses e capítulos de livro para complementar as informações. Utilizou-se palavras-chaves como “sistema de plantio direto”, “sistema de plantio direto no Cerrado”, “rotação de culturas”, “plantas de cobertura”, “produção sustentável” e “sustentabilidade” para a pesquisa dos artigos. As publicações utilizadas datam de 2001 a 2022. As citações mais antigas foram utilizadas, em sua maioria, para conceituar e caracterizar aspectos relacionados ao sistema de plantio direto e a rotação de culturas e as mais atuais para apresentar resultados de pesquisa, ideias e perspectivas sobre o tema abordado.

3. Sistema Plantio Direto: Aspectos Gerais e Histórico

O SPD é considerado uma das técnicas agrícolas mais conservacionistas e ambientalmente corretas que existe (Vezzani & Mielniczuk, 2011). Nesse sistema, as sementes e adubos são colocados diretamente no solo não revolvido, usando máquinas apropriadas (Silveira et al., 2015). Portanto, pode ser conceituado como sistema de manejo conservacionista, que envolve técnicas objetivando a conservação física, química e biológica dos solos, bem como na ausência de revolvimento, cobertura permanente do solo e rotação de culturas (Nunes et al., 2015). Historicamente, o SPD tem sido reconhecido como uma importante prática para a sustentabilidade de sistemas intensivos de produção agrícola, tendo reconhecimento mundial devido aos benefícios que proporciona para o solo e para as culturas agrícolas (Soane et al., 2012); além de apresentar a capacidade de sequestrar carbono, incrementar a biodiversidade e contribuir positivamente para o ciclo hidrológico (Mottet et al., 2015).

Este método, devido à ausência do preparo do solo (aração e gradagens), utiliza menor quantidade de mão de obra e hora máquina, o que leva a custos de produção menores do que os do sistema de plantio convencional. A semeadura das culturas agrícolas no SPD normalmente ocorre sobre a palhada da cultura anterior, em que as operações de gradagem e

subsolação são substituídas pela dessecação e/ou trituração da palhada. Na sequência, realiza-se a semeadura direta, juntamente com a adubação de plantio (Silveira et al., 2015). A técnica está sendo amplamente difundida por não degradar o solo e manter a qualidade da área para o plantio em sucessão. Além disso, esse sistema de cultivo pode ser ajustado a qualquer bioma e garante a chance de introduzir novas culturas em uma mesma área, por meio do processo rotativo de culturas usado para conservar a saúde e fertilidade do solo (Motter et al., 2015).

O SPD foi implantado na agricultura brasileira a partir da década de 1970, por meio de agricultores paranaenses, que buscavam, nessa época, técnicas inovadoras na Inglaterra e nos Estados Unidos. O SPD foi observado, primeiramente, nos Estados Unidos com relatos de que, a princípio, os agricultores tiveram dificuldades em adaptar os equipamentos agrícolas e empregá-los nas lavouras em regiões com clima tropical e subtropical temperado (Garcia et al., 2013; Motter et al., 2015).

Atualmente existem grandes áreas do Brasil sob SPD, passando de 1 milhão de hectares no início dos anos 90 para 31,5 milhões de hectares em 2016. O Brasil está próximo de alcançar os 35 milhões de hectares da área cultivada nos EUA, já ultrapassou a Argentina, com 27 milhões de hectares, Austrália, com 17 milhões de hectares, e o Canadá, com 16 milhões de hectares. Em todo o mundo, há mais de 100 milhões de hectares cultivados no SPD, sendo 25 % representado pelo Brasil. Os benefícios econômicos resultantes da redução de 60% do trabalho com máquinas foram um dos principais estímulos para a adoção do sistema (Torres; Pereira; Loss, 2016).

Nas regiões do bioma Cerrado, o SPD se consolidou na década de 1990 com a chegada dos imigrantes da região Sul do Brasil com larga experiência como também devido à adaptação da soja nessas áreas (Vilas Boas et al., 2007). No entanto, o desenvolvimento e o estabelecimento desse sistema só se tornaram possíveis graças ao trabalho em conjunto de agricultores, pesquisadores, fabricantes de semeadoras e outros implementos agrícolas; além do interesse de profissionais do ramo agrícola em reverter o processo acelerado de degradação do solo e da água verificado em grandes áreas de produção de alimentos em nosso país (Silva et al., 2011). Além disso, há incentivos governamentais para estimular a adoção destas práticas sustentáveis já que o SPD também contribui com a redução da emissão de gases do efeito estufa (Brasil, 2010).

4. Vantagens do SPD para a Conservação do Solo

O SPD é caracterizado pela diversificação de espécies na rotação/sucessão de culturas, mínima interferência no solo e manutenção dos resíduos vegetais das culturas anteriores na superfície do solo (Costa et al., 2013). Isso significa que é um sistema vinculado à agricultura conservacionista porque contribui para a conservação do solo e da água, aumento da eficiência da adubação, incremento do conteúdo de matéria orgânica do solo, aumento na relação benefício/custo de produção, aumento da resiliência do solo, redução da densidade populacional de plantas daninhas, redução do consumo de energia fóssil, redução da emissão de gases de efeito estufa e do uso de defensivos agrícolas (Febrapdp, 2009).

Ressalta-se que uma das maiores vantagens em adotar o SPD é o favorecimento da conservação de água do solo já que os restos culturais ficam na superfície do solo. Estes atuam como barreira física reduzindo a incidência de radiação solar e auxiliando na redução das oscilações de temperatura do solo. A soma desses benefícios pode acarretar redução da perda de água por evaporação, aumento na rugosidade superficial e redução na velocidade e no volume do escoamento superficial de água, o que favorece a infiltração e o aumento da água disponível para as plantas, além de diminuir a erosão laminar e o carreamento de fertilizantes e agrotóxicos para os mananciais de água (Crusciol et al., 2005; Marochi, et al., 2005; Braz et al., 2006; Ferreira, 2012).

O SPD com a utilização de plantas de cobertura consorciadas com culturas anuais e a rotação de culturas, também pode se tornar uma ferramenta eficaz no controle de plantas daninhas. Isso se dá através de dois mecanismos: a barreira física criada pela palhada sobre o solo e a liberação de compostos químicos (alelopatia) com efeito negativo sobre a emergência e o crescimento de plantas daninhas. Portanto, a eficácia do SPD está relacionada, dentre outros fatores, com a quantidade e a

qualidade dos resíduos produzidos pelas plantas usadas para cobertura e com a persistência destes sobre o solo. Tais resíduos, em regiões de clima tropical, têm a decomposição mais acelerada que as regiões de clima temperado (Pacheco et al., 2016).

No entanto, o uso do SPD de forma inadequada prejudica a eficácia do sistema. Isso significa que, em determinadas situações, dois princípios básicos desse sistema são adulterados: revolvimento do solo na linha de semeadura e aporte de cobertura morta sobre o solo em quantidades e qualidade insuficientes (Nunes, et al., 2014). Adicionalmente, a implantação do SPD ocorre em solos já degradados e erodidos, bem como rotação de culturas inapropriada; pouca produção de palha sobre o solo; falta de terraços e plantio em nível e problemas de compactação em razão do excesso de trânsito de máquinas pesadas com entrada na lavoura em umidade elevada (Leite, Maciel, Araújo, 2014).

Apesar dessas constatações, verifica-se que a adoção do SPD nas áreas cultivadas elevou o Brasil a patamares nunca alcançados em relação à conservação do solo. Atualmente, o sistema é considerado uma ferramenta primordial para se alcançar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas devido aos seus efeitos benéficos sobre os atributos físicos, químicos e biológicos do solo (Cruz et al., 2014). Mas para que o SPD seja sustentável e não haja descontinuidade de seus impactos positivos sobre o ambiente, o agricultor precisa conscientizar-se do uso dos princípios básicos que são a rotação de culturas e a manutenção de uma cobertura permanente sobre a superfície do solo.

5. Rotação de Culturas para a Melhoria da Qualidade do Solo

A adoção de rotação de espécies vegetais é uma das premissas básicas do SPD e consiste em alternar diferentes culturas agrícolas, no decorrer do tempo, numa mesma área agrícola. Fato que é essencial em sistemas agrícolas sustentáveis e, por isso, tem acentuado reconhecimento técnico-científico (Embrapa Soja, 2010). Pesquisa e desenvolvimento de tecnologias com vistas à eficiência dos processos de produção de alimentos sob SPD apresenta elevada demanda por parte dos produtores e técnicos, uma vez que esta prática tem sido utilizada de forma incorreta, apesar da constatação do avanço em quantidade de área implantada com SPD, no Brasil, nos últimos anos (Kappes & Zancanaro, 2014).

Dentre as inúmeras características benéficas impressas pela adoção de rotação de culturas aos agroecossistemas citam-se melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo; controle de plantas daninhas, doenças e pragas; reposição da matéria orgânica do solo, proteção do solo contra a ação de gotas de chuva e da alta radiação solar, viabilização da inserção do SPD nas áreas de cultivo, manutenção da umidade do solo e otimização da utilização dos fertilizantes e nutrientes. Além disso, a rotação de culturas agrícolas propicia a diversificação da produção agropecuária e o aumento da produção de alimentos (até 65%) quando comparado ao aumento da produção em sistemas de monocultivo, o que acarreta, no aumento da lucratividade (Franchini et al., 2011; Bogiani, 2015).

A adoção de rotação de culturas é uma das alternativas para diminuir os problemas de compactação do solo no SPD. Para isso, as culturas selecionadas para rotacionar devem possuir elevada biomassa, principalmente, do sistema radicular. Sistemas radiculares abundantes, profundos e agressivos melhoram a qualidade do solo, propiciando maior disponibilidade de água, oxigênio e nutrientes para as plantas (Monteiro et al., 2019). Costa et al. (2015) constataram melhoria da fertilidade e nos estoques de carbono de um latossolo vermelho distrófico típico sob SPD com rotação de milho e espécies forrageiras no Cerrado, após três anos, além da redução da compactação devido ao aumento da macroporosidade e diminuição da resistência e densidade do solo. Contudo os benefícios da rotação de culturas sobre a qualidade física do solo são mais perceptíveis em sistemas de cultivo de longa duração (Franchini et al, 2012).

Em relação à qualidade química do solo, a adoção de rotação de culturas em SPD proporciona inúmeros benefícios, dentre as principais cita-se a elevação do teor de matéria orgânica. Esse incremento influencia diretamente a produtividade das culturas, uma vez que o aumento no teor da matéria orgânica está associado ao fornecimento e disponibilidade de nutrientes

para as culturas; bem como elevação da capacidade de troca de cátions (CTC) e, em parte, da complexação com alumínio e outros componentes tóxicos às culturas (Franchini et al., 2007; Boddey et al., 2010).

A ciclagem de nutrientes é considerada um dos maiores benefícios proporcionados pela rotação de culturas. Quanto mais adequada é a seleção das espécies vegetais inseridas no sistema agrícola maior são os benefícios pois, diferentes culturas requerem distintas recomendações de adubação e diferentes resíduos permanecerão após os cultivos fornecendo diferentes nutrientes para a cultura sucessora (Franchini et al., 2011). Donega & Santos (2015) observaram maiores produtividade da soja em função do cultivo anterior (Milho + Urocloa) e do manejo do solo, justificando que a rotação de cultura influencia na eficiência de extração e utilização dos nutrientes aplicados na forma de fertilizantes.

Dessa forma, algumas considerações merecem destaque para o sucesso do SPD como a seleção de cultivares adaptadas, época de semeadura, calagem e adubação; além da escolha de espécies que possuam sistemas radiculares capazes de atingir diferentes profundidades para que haja eficiência do aproveitamento de nutrientes que, em grande parte, estão contidos em diferentes camadas no perfil do solo. Em outras palavras, o sucesso da rotação de culturas é diretamente dependente de outras tecnologias (Embrapa Soja, 2013).

A qualidade biológica do solo também é característica fundamental para o sucesso das culturas agrícolas. As características biológicas do solo são um reflexo da atividade de microrganismos responsáveis pelos processos de mineralização de nutrientes dentre outros benefícios. Assim, os microrganismos e suas comunidades são considerados chaves para a melhoria da qualidade dos solos porque estão envolvidos com a dinâmica da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, produção de fitormônios e biorremediação de xenobióticos (Borges, 2010). Para Barbieri et al. (2019), o sistema de manejo em plantio direto com rotação de culturas influencia na qualidade, diversidade e atividade biológica do solo.

O metabolismo oriundo dos microrganismos do solo (quociente metabólico) é reflexo da taxa respiratória dos mesmos e é variável em função das alterações decorrentes do preparo do solo, especialmente nas camadas superficiais do solo, sendo o sistema sob semeadura direta e rotação de culturas determinantes no processo (Cunha et al., 2011). Alterações decorrentes das práticas de manejo do solo puderam ser observadas em estudo realizado por Dadalto et al. (2015), os quais compararam o SPD com o preparo convencional (onde há revolvimento das camadas do solo), e verificaram que as parcelas sob SPD apresentaram incremento nos valores de carbono da biomassa microbiana (ou seja, ocorreu estocagem de carbono no solo); enquanto o preparo convencional apresentou maiores valores de quociente metabólico (qCO_2) (ou seja, ocorreu emissão de carbono para a atmosfera). Esses resultados evidenciam que o SPD é um sistema que mantém carbono no solo, isto é, aumenta o conteúdo de biomassa microbiana e reduz a perda de carbono via respiração (Barbieri et al., 2019).

As escolhas das práticas culturais adotadas em lavouras também podem contribuir para o aumento ou a redução da intensidade de plantas daninhas e na redução de doenças de plantas (Reis, et al., 2011). A incidência de doenças, pragas e plantas daninhas na monocultura tendem a ser maior que no sistema de rotação de culturas agrícolas devido aos agentes propagadores de doenças se tornarem cada vez mais resistentes e, em decorrência disso, aumenta o uso de produtos químicos para controle. Como resultado desse processo, ocorre a elevação dos custos da atividade agrícola e, conseqüentemente, redução da rentabilidade do produtor (Oliveira, 2017).

Por outro lado, com a adoção de rotação de culturas, espécies de plantas de famílias diferentes propiciam que a cultura sucessora não seja prejudicada pelos mesmos patógenos, insetos e plantas daninhas que a anterior (Lima et al, 2012). Com a adoção do sistema de rotação de culturas os problemas apresentados pelo solo tipicamente da monocultura são amenizados e, em alguns casos, eliminados por meio da diversificação de culturas que não necessitam dos mesmos insumos das culturas anteriores (Spera et al., 2012). Leandro e Asmus (2014) ao estudarem o efeito da rotação de milho, *Crotalaria ochroleuca* ou soja, no verão; e o manejo de entressafra, com *Brachiaria ruziziensis* como espécie de cobertura ou pousio, observaram

redução da densidade populacional do nematoide *Rotylenchulus reniformis* em comparação ao monocultivo de soja, com reflexos positivos sobre a produtividade de soja na safra seguinte.

6. Rotação de Cultura na Região do Cerrado

Na região do Cerrado predomina a monocultura da soja e/ou o sistema contínuo de sucessão do tipo soja (verão)/milho (safrinha), o que tende a provocar a degradação física, química e biológica do solo, proporcionar condições mais favoráveis para o desenvolvimento de doenças, pragas e plantas daninhas e reduzir a produtividade das culturas (Kappes & Zancanaro, 2014). Esse cenário é muito comum porque o agricultor, na maioria das vezes, preocupa mais com a questão econômica do que com o aspecto da sustentabilidade do sistema como um todo, comprometendo sua longevidade e rentabilidade futuras (Mansur, 2020). No entanto, é de conhecimento da comunidade de agricultores e técnicos que o uso da rotação de diferentes culturas é de fundamental importância. Estudos realizados por Nascente et al. (2014a) mostraram que várias rotações de culturas testadas no Cerrado proporcionam aumento do rendimento econômico e foram economicamente viáveis, dando destaque para as rotações entre *Poaceae* e *Fabaceae*.

Diante dessa realidade na região do Cerrado constata-se a necessidade da introdução de outras espécies vegetais no sistema agrícola, preferencialmente gramíneas como arroz, milho, pastagem, dentre outras, onde há o predomínio da monocultura de soja (Embrapa, 2010). O arroz de terras altas e as plantas de cobertura são boas opções para um sistema de rotação com a soja no Cerrado. Rotação de culturas como é dado nesse exemplo proporciona grande produção de massa seca, quebra do ciclo de doenças, pragas e plantas daninhas que ocorre em rotações frequentes entre soja e milho, aumenta a rentabilidade e favorece a qualidade do solo (Spohr et al., 2005).

O programa de melhoramento genético de arroz da Embrapa Arroz e Feijão tem lançado, no mercado, cultivares cada vez mais responsivas a melhores condições de fertilidade do solo, tornando a cultura uma alternativa na rotação soja e milho (Nascente et al., 2013). Pesquisas recentes demonstraram que utilizando as técnicas adequadas, obtém-se altas produtividades do arroz de terras altas no SPD, superando 6.000 kg ha⁻¹ (Nascente et al., 2014a; Carvalho et al., 2020), podendo ser atrativo para os produtores utilizarem como opção na rotação com soja e milho. Segundo Nascente et al. (2013) o plantio de arroz após o cultivo da soja, proporciona incrementos significativos na produtividade do arroz que se beneficia do nitrogênio (N) fixado pela soja (leguminosa).

No Cerrado, não há cultivo de plantas de cobertura durante período de entressafra; porém resultados promissores vêm sendo obtidos. Cardoso et al. (2014), por exemplo, obtiveram maior produtividade da cultura da soja sobre a palhada da cultura de feijão guandu, tremoço e aveia branca do que no plantio convencional. Já Fialho (2020) verificou maior rendimento de grãos de soja (3763 kg ha⁻¹) sobre a palhada de plantas de cobertura (Milheto + *C. spectabilis* + *U. ruziziensis*) em Montividiu-GO.

Portanto, o cultivo de plantas de cobertura na entressafra proporciona ganhos comerciais e/ ou de manutenção ou recuperação do ambiente. Por isso, para a obtenção de máxima eficiência da capacidade produtiva do solo, o planejamento de rotação de culturas deve considerar, além das espécies comerciais, como soja, milho, arroz, feijão e sorgo, aquelas destinadas à cobertura do solo ou adubos verdes, como crotalária, tremoço branco, nabo forrageiro e gramíneas como milho e braquiárias, que produzem grandes quantidades de biomassa, cultivadas quer em condição solteira ou em consórcio com culturas comerciais (Nascente, Silveira, Wander, 2014b).

Os resultados de pesquisa comprovam ser a rotação de culturas uma prática viável para a sustentabilidade da produção agrícola, mas com ressalvas, uma vez que sua adoção não é simples pois engloba a diversificação de atividades e exige do produtor conhecimento em cada uma das espécies a serem cultivadas na propriedade (Oliveira, 2017). Além disso,

cada cultura deve ser escolhida de modo a favorecer a cultura sucessora, seja por deixar algum nutriente ou pelo fato de não ser suscetível às mesmas doenças da cultura anterior. Por isso é preciso que a assistência técnica e os produtores tratem a rotação de culturas como um investimento na propriedade, cujo retorno irá ocorrer a médio e longo prazo (Franchini et al., 2011).

Outro aspecto importante a ser considerado na rotação de culturas agrícolas refere-se a fato de que a mesma não fica tão dependente em relação às oscilações de mercado nem está tão sujeita a crises econômicas como no caso da monocultura. E se realizada de maneira adequada a prática, a longo prazo, promove o aumento da produtividade, redução dos custos de cada cultura e maior estabilidade da produção (Oliveira Neto; Paiva, 2010). Diante disso, nota-se que o sistema de rotação de cultura é um conceito amplo dentro do SPD e é de fundamental importância para o desenvolvimento sustentável dos sistemas agrícolas na região do Cerrado.

7. Considerações Finais

A implantação do Sistema Plantio Direto (SPD) no Cerrado é uma alternativa viável para a produção sustentável de alimentos devido sua facilidade de execução e o respeito as suas premissas, revolvimento mínimo do solo, solo coberto o ano inteiro e rotação de culturas. Além disso, o monitoramento de execução e condução dessa prática é essencial para atingir os seus benefícios. A atenção na utilização de espécies vegetais específicas para cada região deve ser observada para a melhoria/regulação do solo, além do fornecimento de cobertura morta e ciclagem de nutrientes e, com isso, elevando o armazenamento de carbono e nitrogênio no solo, reduzindo as emissões de gases de efeito estufa, melhorando as propriedades físico-hídricas, químicas e biológicas dos solos, e controlando a população de plantas daninhas, pragas e doenças.

Estudos que abrangem o SPD e a rotação de culturas são de fundamental importância para gerar informações sobre a escolha das melhores culturas para um sistema de rotação nas diferentes regiões do Brasil, objetivando obter o máximo de proveito dessas práticas que auxiliam na melhoria da qualidade do solo, no aumento da produção e na sustentabilidade da agricultura.

Referências

- Barbieri, M., Dossim, M. F., Dalla Nora, D., dos Santos, W. B., Bevilacqua, C. B., de Andrade, N., ... & Antonioli, Z. I. (2019). Ensaio sobre a bioatividade do solo sob plantio direto em sucessão e rotação de culturas de inverno e verão. *Revista de Ciências Agrárias*, 42(1), 122-134.
- Binacional, I. (2015). Plantio direto: A tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira (144 p.). *Foz de Iguaçu: Parque Itaipu*.
- Boddey, R. M., Jantalia, C. P., Conceicao, P. C., Zanatta, J. A., Bayer, C., Mielniczuk, J., ... & Urquiaga, S. (2010). Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zero-till subtropical agriculture. *Global Change Biology*, 16(2), 784-795.
- Bogiani, J. C. (2015). Rotação de culturas e manejo para formação de palhada no Sistema Plantio Direto.
- Borges, C. D. (2010). Alterações microbianas do solo sob sistema de semeadura direta e rotação de culturas.
- Braz, A. J. B. P., Procópio, S. O., Cargnelutti Filho, A., Silveira, P. M., Kliemann, H. J., Cobucci, T., & Braz, G. B. P. (2006). Emergência de plantas daninhas em lavouras de feijão e de trigo após o cultivo de espécies de cobertura de solo. *Planta daninha*, 24, 621-628.
- Cardoso, R. A., Bento, A. S., Moreski, H. M., & Gasparotto, F. (2014). Influência da adubação verde nas propriedades físicas e biológicas do solo e na produtividade da cultura de soja. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*, 35(2), 51-60.
- de Carvalho, A. M. (2010). Plantio direto com qualidade no cerrado.
- Carvalho, A. (2020). Plantas de cobertura em SPD no Cerrado. Embrapa Cerrado.
- Cordeiro Júnior, P. S., Finoto, E. L., Bárbaro-Torneli, I. M., Martins, M. H., Soares, M. B., Bolonhezi, D., & Martins, A. L. M. (2017). Desempenho agrônomo de cultivares de soja para a região centro norte paulista, safra 2016/17. *Nucleus*, 59-66.
- Costa, N. R., Andreotti, M., Santos, F. G., Souza, L. M. F., & Cavallini, M. C. (2013). Interação entre inoculação das sementes com *Pseudomonas fluorescens* e adubação fosfatada na produção do milho em sucessão a espécies forrageiras no Cerrado. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, 7(3), 37-43.
- Costa, N. R., Andreotti, M., Lopes, K. S. M., Yokobatake, K. L., Ferreira, J. P., Pariz, C. M., ... & Longhini, V. Z. (2015). Atributos do solo e acúmulo de carbono na integração lavoura-pecuária em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39, 852-863.

- Crusciol, C. A. C., Cottica, R. L., Lima, E. D. V., Andreotti, M., Moro, E., & Marcon, E. (2005). Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40, 161-168.
- Cruz, J. C. (2014). *No plantio direto o milho é o melhor*. Embrapa.
- Cunha, E. D. Q., Stone, L. F., Ferreira, E. P. D. B., Didonet, A. D., Moreira, J. A. A., & Leandro, W. M. (2011). Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho: II-atrributos biológicos do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35, 603-611.
- Dadalto, J. P., Fernandes, H. C., Teixeira, M. M., Cecon, P. R., & Matos, A. T. D. (2015). Sistema de preparo do solo e sua influência na atividade microbiana. *Engenharia Agrícola*, 35, 506-513.
- DE PLANTIO, D. I. N. B., & PARANÁ, H. BOLETIM TÉCNICO.
- Donega, A. J., & dos Santos, E. L. (2015). Produtividade de soja em função da cultura antecessora e do manejo do solo. *Revista Cultivando o Saber*, 72-82.
- EMBRAPA, S. (2001). Tecnologias de producao de soja-Regiao Central do Brasil-2001/2002.
- Ferreira, A. D. O., Sá, J. C. D. M., Harms, M. G., Miara, S., Briedis, C., Quadros Netto, C., ... & Canalli, L. B. (2012). Carbon balance and crop residue management in dynamic equilibrium under a no-till system in Campos Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36, 1583-1590.
- Fialho, A. R. (2020). Sistemas de produção de soja em sucessão a culturas anuais de cobertura.
- Franchini, J. C., Crispino, C. C., Souza, R. A., Torres, E., & Hungria, M. (2007). Microbiological parameters as indicators of soil quality under various soil management and crop rotation systems in southern Brazil. *Soil and Tillage Research*, 92(1-2), 18-29.
- Franchini, J. C., Costa, J. D., & Debiasi, H. (2011). Rotação de culturas: prática que confere maior sustentabilidade à produção agrícola no Paraná. *Piracicaba: International Plant Nutrition Institute-Brasil*, 1-13.
- Franchini, J. C., Debiasi, H., Junior, A. A. B., Tonon, B. C., Farias, J. R. B., de Oliveira, M. C. N., & Torres, E. (2012). Evolution of crop yields in different tillage and cropping systems over two decades in southern Brazil. *Field Crops Research*, 137, 178-185.
- Garcia, R. A., Li, Y., & Rosolem, C. A. (2013). Soil organic matter and physical attributes affected by crop rotation under no-till. *Soil Science Society of America Journal*, 77(5), 1724-1731.
- Kappes, C., & Zancanaro, L. (2014). Manejo da fertilidade do solo em sistemas de produção no Mato Grosso. In *Congresso Nacional De Milho E Sorgo* (Vol. 3, pp. 358-381).
- Leandro, H. M., & Asmus, G. L. (2015). Rotação e sucessão de culturas para o manejo do nematoide reniforme em área de produção de soja. *Ciência Rural*, 45, 945-950.
- Leite, L. F. C., Maciel, G. A., & de Araújo, A. S. F. (Eds.). (2014). *Agricultura conservacionista no Brasil*. Embrapa.
- Lima, G. S., Nascimento, A. D. R., & Ázara, N. A. In: Clemente, F. M. V. T., & Boiteux, L. S. (2012). Produção de tomate para processamento industrial. *CEP*, 70, 970.
- Lopes, A. S., Guilherme, L. R. G., & Silva, C. D. (2003). Vocaçao da terra. *São Paulo: Associação Nacional Para Difusão de Adubos*.
- Mansur, T. W. (2021). Plantio direto no cerrado: uma revisão bibliográfica.
- Mapa – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2020). *Agricultura Sustentável Propriedade rural elimina erosões e reduz impacto da seca com o uso de plantio direto*.
- Marochi, A. I., Borges, J. H., & Scalea, M. (2005). *Urochloa ruziziensis* é alternativa de cobertura de solo para o sistema de plantio direto no cerrado. Newsletter Monsanto em Campo.
- Mateus, G. P., & Santos, N. D. (2012). Sistema plantio direto ea conservação dos recursos naturais. *Revista Pesquisa Technology*, 9, 1-5.
- Monteiro, P. F. C., Andrade, A. P., Aires, R. F., & de Carli Toigo, M. (2019). Efeitos de manejo e rotação de culturas em atributos físicos e químicos do solo e na produtividade da soja. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 25(3), 179-194.
- Motter, P., Almeida, H. D., Valle, D., & Mello, I. (2015). Plantio direto: A tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira. *Foz do Iguaçu: Parque Itaipu*, 144.
- Nascente, A. S., Crusciol, C. A. C., Stone, L. F., & Cobucci, T. (2013). Upland rice yield as affected by previous summer crop rotation (soybean or upland rice) and glyphosate management on cover crops. *Planta Daninha*, 31, 147-155.
- Nascente, A. S., & Crusciol, C. A. C. (2014a). Época de dessecação de plantas de cobertura para o plantio do arroz de terras altas.
- Nascente, A. S., Silveira, P. M., & Wander, A. E. (2014b). Viabilidade agroecônômica de rotação de culturas e manejo do solo em áreas irrigadas por aspersão. *Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 57(1), 72-79.
- Nunes, M. R., Pauletto, E. A., Denardin, J. E., Faganello, A., Spinelli Pinto, L. F., & Scheunemann, T. (2014). Persistência dos efeitos da escarificação sobre a compactação de Nitossolo sob plantio direto em região subtropical úmida. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 49, 531-539.
- Nunes, M. R., Denardin, J. E., Pauletto, E. A., Faganello, A., & Pinto, L. F. S. (2015). Mitigation of clayey soil compaction managed under no-tillage. *Soil and Tillage Research*, 148, 119-126.

- De Oliveira, M. N., Xavier, J. H. V., da Silva, F. A. M., Scopel, E., & Zoby, J. L. F. (2009). Efeitos da introdução do sistema de plantio direto de milho por agricultores familiares do município de Unaí, MG (Cerrado Brasileiro). *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 39(1), 51-60.
- De Oliveira, G. H. H., Corrêa, P. C., Araujo, E. F., Valente, D. S. M., & Botelho, F. M. (2010). Desorption isotherms and thermodynamic properties of sweet corn cultivars (*Zea mays* L.). *International Journal of Food Science & Technology*, 45(3), 546-554.
- OLIVEIRA NETO, S. D., & Paiva, H. N. (2010). Implantação e manejo do componente arbóreo em sistema agrossilvipastoril. *OLIVEIRA NETO et al. Sistema Agrossilvipastoril: integração lavoura, pecuária e floresta. Viçosa SIF*, 15-68.
- Oliveira, D. G. D. (2017). O planejamento das rotações de culturas agrícolas e trânsito animal utilizando programação inteira binária.
- Pacheco, L. P., Petter, F. A., Soares, L. D. S., Silva, R. F. D., & Oliveira, J. B. D. S. (2016). Sistemas de produção no controle de plantas daninhas em culturas anuais no Cerrado Piauiense. *Revista Ciência Agronômica*, 47, 500-508.
- Pereira, N. S., Soares, I., & Miranda, F. R. D. (2016). Decomposition and nutrient release of leguminous green manure species in the Jaguaribe-Apodi region, Ceará, Brazil. *Ciência Rural*, 46, 970-975.
- Reis, E. M., Casa, R. T., & Bianchin, V. (2011). Controle de doenças de plantas pela rotação de culturas. *Summa Phytopathologica*, 37, 85-91.
- Da Silva, D. A., Vitorino, A. C. T., De Souza, L. C. F., Gonçalves, M. C., & Roscoe, R. (2006). Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 5(01).
- Silva, J. C., Wendling, B., Camargo, R., Mendonça, L., & Freitas, M. (2011). Análise comparativa entre os sistemas de preparo do solo: aspectos técnicos e econômicos. *Enciclopedia Biosfera*, 7(12).
- Silveira, M. A., Teixeira, S. M., Wander, A. E., & Campos, W. P. (2015). Produção de feijão nos sistemas de plantio direto e convencional no município de Água Fria de Goiás (GO).
- Soane, B. D., Ball, B. C., Arvidsson, J., Basch, G., Moreno, F., & Roger-Estrade, J. (2012). No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil and Tillage Research*, 118, 66-87.
- Soja, E. (2006). *Tecnologia de produção de soja-região central do Brasil*. Embrapa Soja.
- Spera, S. T., dos Santos, H. P., Fontaneli, R. S., & Dreon, G. (2012). Efeito de sistemas de integração lavoura-pecuária sob plantio direto em alguns atributos físicos do solo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 7(3), 388-393.
- Torres, J. L. R., Pereira, M. G., & Loss, A. (2016). Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes das coberturas de solo utilizadas no sistema de semeadura direta no Cerrado. *Impactos Ambientais Provenientes da Produção Agrícola: Experiências Argentinas e Brasileiras. 1ªed. São Paulo: Rio de Janeiro: Livre Expressão*, 1, 305-338.
- Vezzani, F. M., & Mielniczuk, J. (2011). Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35, 213-223.
- Vilas Boas, A. A., & Garcia, D. F. B. (2007). Plantio direto nas culturas de milho e soja no município do chapadão do céu-go e os impactos para o meio ambiente.