

Qualidade física e química do solo em sistema de plantio direto cultivado com hortaliças – Uma revisão

Soil physical and chemical quality on no tillage cultivated with vegetables – A review

Calidad física y química del suelo en sistema cero labranza cultivado con hortalizas – Una revisión

Recebido: 09/06/2022 | Revisado: 26/06/2022 | Aceito: 02/07/2022 | Publicado: 11/07/2022

Amauri Chaveiro e Chaveiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4952-3067>
Universidade Estadual Paulista, Brasil
E-mail: amauri.chaveiro@unesp.br

Carolina dos Santos Batista Bonini

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6482-3263>
Universidade Estadual Paulista, Brasil
E-mail: carolina.bonini@unesp.br

Pâmela Gomes Nakada Freitas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2429-0423>
Universidade Estadual Paulista, Brasil
E-mail: pamela.nakada@unesp.br

Dhara Cristina de Souza Reis

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4997-6480>
Universidade Estadual Paulista, Brasil
E-mail: dhara.reis@unesp.br

Juliana Megumi Kanashiro de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2734-5493>
Universidade Estadual Paulista, Brasil
E-mail: juliana.kanashiro@unesp.br

Jose Augusto Liberato de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3374-0449>
Universidade Estadual Paulista, Brasil
E-mail: joseaugusto1980@hotmail.com

Gabriel Ferraresi Hidalgo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1520-181X>
Universidade Estadual Paulista, Brasil
E-mail: gabriel.f.h@hotmail.com

Alan Bordim de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9645-9198>
Universidade Estadual Paulista, Brasil
E-mail: bordimalan@gmail.com

Resumo

O objetivo desta revisão é fornecer uma visão holística sobre a qualidade química e física de solos em sistemas de cultivo plantio direto, para entender os principais benefícios que as práticas causam aos solos. É importante mencionar que as práticas conservacionistas (rotação e sucessão de culturas, por exemplo) vem se expandindo a cada ano mostrando que pode ser uma prática de fácil adoção e que a mesma pode ser integrada em diversas culturas e pode ser replicada a nível comercial, contribuindo assim para a adoção do sistema de plantio direto na palha. A relação C/N da cultura escolhida para a rotação/sucessão é a responsável pelas taxas de liberação de nutrientes e de degradação da palhada. Sendo assim, a diversidade de plantas é quem garante a melhor relação de rotação/sucessão de culturas, trazendo benefícios físicos e químicos ao solo para a alta produtividade das culturas. A cobertura de solo produzida por essas plantas, garantem a consolidação do plantio direto, protegendo o solo da erosão causada pelo escoamento superficial da água das chuvas, durante a safra e entressafra. Espera-se que a adoção do sistema de plantio direto das culturas resulte em melhorias significativas na qualidade do solo, contribuindo para o desenvolvimento social, ambiental e financeira das propriedades rurais, tornando o sistema altamente aceito pelos produtores de alimentos.

Palavras-chave: Manejo do solo; Plantas de cobertura; Fixação biológica; Matéria orgânica.

Abstract

The objective of this review is to provide a holistic view on the chemical and physical quality of soils in no-tillage systems, to understand the main benefits that practices cause to soils. It is important to mention that the conservation practices (crop rotation and succession, for example) have been expanding every year, showing that it can be an easily adopted practice and that it can be integrated into different cultures and can be replicated at a commercial level, thus

contributing to the adoption of the no-tillage system. The C:N ratio of the crop chosen for rotation/succession is responsible for the nutrient release and straw degradation rates. Thus, plant diversity is what guarantees the best crop rotation/succession ratio, bringing physical and chemical benefits to the soil for high crop productivity. The soil cover produced by these plants guarantees the consolidation of no-till, protecting the soil from erosion caused by the surface runoff of rainwater, during the harvest and off-season. It is expected that the adoption of the no-till cropping system will result in significant improvements in soil quality, contributing to the social, environmental and financial development of rural properties, making the system highly accepted by food producers.

Keywords: Soil management; Cover crops; Biological fixation; Organic matter.

Resumen

El objetivo de esta revisión es brindar una visión holística sobre la calidad química y física de los suelos en sistemas de labranza cero, para comprender los principales beneficios que las prácticas ocasionan a los suelos. Es importante mencionar que las prácticas de conservación (rotación y sucesión de cultivos, por ejemplo) se han ido expandiendo cada año, demostrando que puede ser una práctica de fácil adopción y que puede integrarse a diferentes culturas y replicarse a nivel comercial, contribuyendo así a la adopción del sistema de labranza cero. La relación C/N del cultivo elegido para la rotación/sucesión es responsable de las tasas de liberación de nutrientes y degradación de la paja. Así, la diversidad vegetal es lo que garantiza la mejor relación rotación/sucesión de cultivos, trayendo beneficios físicos y químicos al suelo para una alta productividad de los cultivos. La cobertura del suelo producida por estas plantas garantiza la consolidación del labranza cero, protegiendo el suelo de la erosión provocada por el escurrimiento superficial del agua de lluvia, durante la cosecha y fuera de temporada. Se espera que la adopción del sistema de labranza cero resulte en mejoras significativas en la calidad del suelo, contribuyendo al desarrollo social, ambiental y financiero de las propiedades rurales, haciendo que el sistema sea altamente aceptado por los productores de alimentos.

Palabras clave: Manejo del suelo; Cultivos de cobertura; Fijación biológica; Materia orgánica.

1. Introdução

No último século, a agricultura brasileira apresentou grande incremento referente ao desenvolvimento em função da produtividade na maior parte das culturas. Parte deste desenvolvimento está em função das inovações tecnológicas, oriundas do avanço de pesquisas em prol da difusão destas tecnologias. O acréscimo da produtividade consequentemente será proporcionado mediante a sustentabilidade das tecnologias aplicadas. A alta produtividade e o uso racional dos recursos, proporcionaram condições favoráveis para implementação e multiplicação destas tecnologias. O manejo do solo ideal é a principal atividade a ser implementada atrelada ao objetivo de propiciar condições de desenvolvimento favoráveis ao desenvolvimento das plantas.

A partir da década de 1970, mais precisamente em 1972, o sistema tradicional de manejo de solo que utilizava arados e grades foi substituído por um sistema que envolvia cobertura do solo por massa vegetal e redução/eliminação do preparo de solo, sendo o agricultor Herbert Bartz o pioneiro da implantação do Sistema de Plantio Direto (SPD) no Brasil, em sua fazenda no município de Rolândia no Paraná.

A adoção do plantio direto representou uma grande conquista para a agricultura brasileira, pois áreas cultivadas com plantio direto tem menos perda de solo causada pelo escoamento superficial da água das chuvas e o aporte de matéria orgânica é aumentada devido à grande decomposição de material vegetal. Isso representou melhoria na fertilidade e na qualidade dos solos brasileiros, aumento na eficiência do uso da água e dos nutrientes, traduzindo em maior produção de alimentos utilizando a mesma ou menor quantidade de insumos agrícolas.

Estudos no SPD tem sido alvo de constantes pesquisas, causas atribuídas às suas inúmeras vantagens, tais como: redução de gases que aumentam o efeito estufa devido à não mobilização do solo; diminuição da mecanização reduzindo liberação de monóxido de carbono; evita erosão e compactação do solo; com aumento de cobertura vegetal sobre o solo: diminui evapotranspiração reduzindo turno de rega em até 30%, melhor drenagem, regulação térmica proporcionada pela palhada com redução dos extremos de temperatura em até 10°C na superfície do solo, controle de plantas daninhas; aumento de matéria orgânica, promovendo estruturação com formação de agregados do solo, maior CTC (Capacidade de Troca Catiônica), aumento da microbiota para ciclagem de nutrientes; dentre outros (Lima et al., 2012).

No Brasil, a adoção desse sistema cresce a cada, como indicado na Figura 1. O governo federal vem investindo e incentivando fortemente na agricultura sustentável, assim se propôs voluntariamente durante a 15ª Conferência das Partes (COP-15) em Copenhague no ano de 2009, a redução entre 36,1% e 38,9% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) até 2020, devendo reduzir em torno de um bilhão de toneladas de CO₂ equivalente (Brasil, 2012). E para alcançar seu objetivo, o governo propôs um conjunto de medidas que foi aprovado em maio de 2011 surgindo O Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Este foi estruturado em sete Programas, dentre eles, a de ampliar o uso do Sistema Plantio Direto (SPD) em 8 milhões de hectares, com Potencial de Mitigação por redução de carbono de 16 a 20 milhões Mg CO₂ eq (Brasil, 2012).

Figura 1: Evolução da área sob plantio direto no Brasil.



Fonte: FEBRAPDP (2022).

Em teoria, a utilização de práticas conservacionista como o SPD, quando adotado seguindo seus princípios básicos de não revolvimento do solo, revolvimento localizado na linha de semeadura, manutenção do solo coberto por palhada ou cobertura viva durante todo o ano e a rotação de culturas, proporciona potencial melhoria da qualidade edáfica (atributos químicos, físicos e biológicos) ao longo dos anos de cultivo, além da diminuição dos processos de degradação do solo (Rosset et al., 2019). Tais práticas podem ser alternativas estratégicas utilizadas na conservação dos solos, principalmente para solos de textura arenosa.

Entende-se que com este tipo de manejo haverá uma menor perda de solo pela erosão, devido a diminuição do revolvimento no solo e, a redução do uso de implementos e máquinas, conseqüentemente haverá uma contribuição positiva proporcionando a ampliação da capacidade produtiva do solo e maior produtividade da cultura (Barbieri et al., 2019). Além das questões ambientais, pois o cultivo em sistema de plantio direto vem de encontro a auxiliar neste problema, pois sem revolvimento do solo, não ocorre liberação de carbono do perfil do solo, além de reduzir a evapotranspiração. Este manejo já é mais difundido em grandes culturas, mas ainda recente em hortaliças.

Com isso, o objetivo desta revisão é fornecer uma visão holística sobre a qualidade física e química do solo sob cultivo em sistema de plantio direto, para entender os principais benefícios das práticas para a culturas hortícolas. É importante mencionar que o sistema de plantio direto vem se expandindo a cada ano mostrando que pode ser uma prática de fácil adoção e que o mesmo pode ser integrado em várias culturas.

2. Metodologia

Foi desenvolvida nesse artigo uma revisão bibliográfica sistemática segundo Correia e Mesquita (2014), utilizando as plataformas e bancos de dados de artigos científicos, teses e dissertações, destacando-se: o Google Acadêmico, o Scielo e repositórios de universidades públicas (USP, UNESP E UNICAMP).

Foram utilizadas palavras chaves, como: olerícolas, qualidade do solo, fertilidade do solo, física do solo e sistema de plantio direto, no período de 10 anos, ou seja, artigos publicados entre 2012 e 2022.

A pesquisa bibliográfica segundo Sousa et al. (2021), é o levantamento ou revisão de obras publicadas sobre a teoria que irá direcionar o trabalho científico o que necessita uma dedicação, estudo e análise pelo pesquisador que irá executar o trabalho científico e tem como objetivo reunir e analisar textos publicados, para apoiar o trabalho científico.

Sendo assim, esta pesquisa foi desenvolvida com o intuito de gerar conhecimento e obter informações para subsidiar estudos futuros sobre o sistema de plantio direto em hortaliças. Após a leitura analítica, destacou-se os aspectos principais, e confeccionadas as seções: Qualidade do solo, Qualidade física do solo, Qualidade química do solo, sistema de plantio direto e considerações finais.

3. Qualidade do Solo

O solo é um recurso natural, de extrema importância, capaz de gerar a perpetuidade animal e humana através da produção de alimentos, sendo meio para crescimento de plantas. Ele também desempenha funções essenciais para a proteção ambiental, pois promove a ciclagem de nutrientes, a retenção de gás carbônico e o abastecimento da água do lençol freático pela infiltração das águas pluviais.

A qualidade do solo pode ser referida como a capacidade que o solo possui em desempenhar as funções essenciais para o homem e para o meio ambiente. Isso é evidente pelo fato de que se tem observado que existe diversos fatores que podem ocasionar a degradação do solo, bem como agravar a perda da produtividade de uma determinada cultura (Silva et al., 2020).

Indicadores de solo são utilizados para avaliar a qualidade de um solo, esclarecendo informações importantes para a busca da máxima produção e a sustentabilidade do sistema, e podem ser físicos, químicos e biológicos. Assim sendo, a avaliação dos indicadores físicos e químicos do solo em cultivo de plantio direto irá nos revelar as diferenças positivas prováveis em relação ao plantio convencional.

O solo é exposto à ação direta do clima, sendo explorado pelo homem de forma intensa e com a remoção da cobertura vegetal, há o impacto sobre os processos físicos, químicos e biológicos (Portugal et al., 2012; Rangel & Silva, 2007). Diferentes usos e manejos causam níveis de degradação diferentes, sendo o sistema de preparo convencional causador da maior degradação do solo, em relação ao manejo conservacionista (Assis & Lanças, 2010; Bertol et al., 2004). O sistema de preparo convencional, segundo Aratani et al. (2009), provoca alterações na qualidade do solo, como: acelera a decomposição da matéria orgânica, diminui a estabilidade dos agregados do solo nas camadas manejadas, aumenta a densidade do solo e a resistência à penetração em subsuperfície. Barreto et al. (2009) e Giubergia et al. (2013) afirmam que comparativamente ao sistema convencional, no sistema de plantio direto há um maior acúmulo de MO, contribuindo positivamente para a estabilidade da estrutura do solo, pelo efeito cimentante na formação e manutenção dos agregados. Apesar dos benefícios

citados Gozubuyuk et al. (2014) e Bertol et al. (2004) observaram que há uma compactação na camada superficial do solo, nas áreas de plantio direto, promovendo uma redução na macroporosidade do solo e aumento da compactação (encrostamento superficial). Nesse sentido, foi verificada em clima semiárido, a compactação do solo em cultivos irrigados, em condições de preparo do solo acima do ponto de friabilidade, favorecendo o adensamento da camada manejada (Radford et al., 2007).

Efeitos de adensamento na camada superficial podem ser amenizados com rotação de culturas e uso de adubos verdes que podem melhorar a estrutura do solo devido à síntese radicular de material orgânico (Andrade et al., 2009). Foram verificadas melhorias na qualidade do solo, com apenas dois anos de plantio direto de milho irrigado no semiárido, havendo aumento nos teores de água, carbono orgânico, nitrogênio e da microbiota do solo, além da maior estabilidade dos agregados (Muñoz et al., 2007).

A capacidade produtiva e sustentabilidade do sistema de manejo é um reflexo do grau de degradação do solo e pode ser monitorada por suas características (Aratani et al., 2009), que são influenciadas por diversos fatores, como: clima, tipo de solo, textura, uso e manejo. No leste da Turquia (regiões semiáridas com baixas temperaturas), a adoção do plantio direto aumenta o encrostamento superficial, acarretando em maior compactação, densidade do solo, redução da porosidade total e infiltração de água, apesar disso houve um aumento na germinação das culturas devido à maior umidade (Gozubuyuk et al., 2014).

3.1 Qualidade física do solo

A qualidade física do solo afeta o crescimento de todas as culturas, independente da água disponível (sequeiro ou irrigadas). Ela influencia diretamente a produtividade das culturas e estão relacionadas ao fornecimento de água, de oxigênio e à resistência do solo à penetração. Esses fatores físicos estão estreitamente relacionados à condição estrutural e o teor de água no solo e, portanto, sujeitos a modificações positivas ou negativas em relação à produtividade das culturas. Sabendo disso, a avaliação dos impactos das práticas de manejo sobre a qualidade do solo deve levar em consideração as premissas que determinam as condições físicas ideais para o crescimento das plantas.

De acordo com Kazmierczak (2018), os fatores físicos mais avaliados são a densidade, taxa de infiltração de água, macroporosidade, microporosidade, porosidade total, condutividade hidráulica e resistência à penetração. Pinheiro (2018) identificou que a densidade do solo e a resistência mecânica à penetração foram os atributos físicos que melhor se destacaram como indicadores para avaliar a qualidade do solo.

As alterações na estrutura do solo causada pelos diferentes sistemas de manejo, pode estar associado à formação de camadas compactadas ao longo do tempo. A compactação pode elevar a densidade e reduzir o volume de poros no solo, o que resultariam em aumento da erosão, perda na condutividade hidráulica e redução do alongamento radicular das plantas (Shi et al., 2012). Uma das práticas defendidas para melhorar a qualidade física dos solos compactados é a adoção de sistemas de rotação de culturas que contemplem plantas com elevado potencial de produção de fitomassa e caracterizadas por um sistema radicular abundante, profundo e agressivo (Moraes, 2013). O efeito da rotação de culturas sobre a qualidade física do solo no SPD foi objeto de diversas pesquisas (Genro Júnior et al., 2009; Franchini et al., 2012), embora ainda persistam dúvidas a respeito da eficiência dessa prática na mitigação de camadas adensadas de solo.

Bertioli Júnior et al. (2012) consideram que uma das formas de se incrementar a qualidade estrutural do solo é por meio da conservação e adição de matéria orgânica no solo. A adição de compostos orgânicos em diferentes sistemas de manejo pode trazer não só benefícios químicos mas também melhora na qualidade física do solo. A matéria orgânica pode reduzir a densidade do solo, elevar a porosidade, favorecendo a infiltração e aeração para desenvolvimento das plantas.

Na questão de uso da água, como mencionado por Meirelles (2000), a irrigação corresponde a 73% do consumo da água doce disponível, e devido às mudanças climáticas, esta fonte esgotável está reduzindo, e portanto, deve ser utilizada com

bom senso, e economizando na medida do possível. E na agricultura, uma das formas de contribuir, é a utilização de plantas de cobertura no sistema de plantio direto, e quanto maior a quantidade de matéria seca sobre o solo, como o milho (Silva et al., 2009) e a aveia preta (Kieling et al., 2009), maior é a retenção e menor a evaporação de água.

Mais uma vez retratando a maior retenção de água no solo devido a cobertura vegetal em plantio direto, no trabalho de Marouelli et al. (2010), os autores produziram repolho sobre quatro quantidades de palha de milho (0,0, 4,5, 9,0, 13,5 Mg ha⁻¹ de matéria seca) e detectaram economia de água em até 13% da lâmina de água aplicada em todo ciclo da cultura quando comparado a área sem cobertura morta. E a economia foi maior ainda durante os primeiros 30 dias após o transplante das mudas, atingindo 28%. Por outro lado, os tratamentos não influenciaram na produção do repolho, mesmo na área sem cobertura morta.

3.2 Qualidade química do solo

O levantamento dos indicadores químicos é importante, pois tem relação com a disponibilidade de nutrientes primordiais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Assim, matéria orgânica e a disponibilidade de nutrientes são os principais indicadores químicos da qualidade, permitindo análise técnica para recomendar a correção de pH e da nutrição do solo.

Segundo Saraiva et al. (2018), os solos podem apresentar acidez de forma natural, seja em função da carência de bases do material de origem ou em função de processos de formação que viabilizam a retirada de elementos básicos do solo, como K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, entre outros. Os cultivos intensos e adubação química também podem reduzir o pH do solo, onde, em uma escala de pH que varia de 0 a 14, valores abaixo de 7 são considerados ácidos e acima de 7 são alcalinos.

A acidez do solo é um dos fatores limitantes ao desenvolvimento de culturas, gerando indisponibilidade de nutrientes e redução da população de microrganismos que são responsáveis pela decomposição da matéria orgânica (Saraiva et al., 2018).

De acordo com Osterroht (2002), entre os efeitos do uso de plantas de cobertura sobre a fertilidade do solo, estão a adição de matéria orgânica (MO), maior capacidade de troca de cátions (CTC) e a menor acidez; o aumento do fósforo (P) disponível; complexação orgânica do alumínio (Al) e manganês (Mn) que se encontram em níveis tóxicos no solo; adição de N ao sistema pela fixação biológica; disponibilização de micronutrientes e melhoria no desenvolvimento dos cultivos, aumentando a estabilidade nas produções, ao longo dos anos.

Andrioli (2004) diz que o plantio de espécies de cobertura no início da primavera (setembro), antes da cultura principal, no início do período das chuvas, além de produzir fitomassa que viabiliza o sistema plantio direto, plantas de cobertura cultivadas em pré-safra, quando leguminosas, podem fornecer nitrogênio e aumentar a produtividade de milho.

No cerrado brasileiro, a obtenção de resíduos vegetais para a cobertura do solo em áreas sob SPD tem sido difícil devido, principalmente à baixa produção de fitomassa na entressafra e à decomposição acelerada dos resíduos, condições em que o uso de espécies com decomposição mais lenta representa uma estratégia para aumentar a eficiência dessas coberturas na produção de resíduos sobre a superfície do solo (Bressan et al., 2013).

Portugal et al. (2010), avaliaram as alterações em propriedades químicas. Os sistemas agrícolas com laranja e cana melhoraram a condição química do solo, aumentando os teores de nutrientes e diminuindo o Al³⁺ do complexo de troca, porém apresentaram redução dos teores de MO.

Ferreira (2009) em um estudo avaliando as concentrações do K do solo em um sistema ILP, em plantio direto, com diferentes intensidades de pastejo (aveia-preta + azevém) de bovinos no inverno e a cultura da soja cultivada no verão. O experimento foi iniciado em maio de 2001 em área pertencente à Fazenda do Espinilho, localizada no município de São Miguel das Missões – RS, em Latossolo Vermelho distroférrico que vinha sendo cultivado em plantio direto desde 1991. Os tratamentos constaram de intensidades de pastejo: 0,10; 0,20; 0,30 e 0,40 m de altura do pasto e um tratamento sem pastejo. Os

teores de K disponível eram originalmente altos e assim se mantiveram ao longo do tempo, independentemente do tratamento de pastejo. Em todas as situações houve a formação de gradiente decrescente de concentração de K a partir da superfície sendo maior após pastagem que após soja. A ausência do pastejo, apesar de propiciar menor ciclagem de K, resultou em maiores teores do nutriente no solo, em relação às áreas com animais, especialmente aquelas intensamente pastejadas, devido às perdas causadas, provavelmente, pelas excretas.

4. Sistema de Plantio Direto (SPD)

O sistema de plantio direto é um sistema de manejo onde a semeadura é feita sem fazer preparo do solo convencional (arados e grades), mantendo resíduos vegetais das culturas antecessoras sobre o solo. O sistema baseia-se em três pilares fundamentais: 1- o não revolvimento do solo (restrito à linha de semeadura ou covas para mudas), 2- a cobertura permanente do solo (plantas vivas ou palhadas) e 3- a diversificação de plantas na rotação de culturas (FEBRAPDP, 2022).

Dentre os benefícios do emprego do SPD, pode-se destacar: melhoria na produtividade agrícola, contribuição para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas, melhora a fertilidade e as características físicas do solo, eficiência no uso da água e nutrientes, otimização do uso de máquinas na propriedade, promovendo diversificação e redução do risco da cultura. Todos esses efeitos benéficos da cobertura do solo, rotação de culturas, bem como das safras anteriores, contribuem no desempenho da cultura principal e podem ser atribuídos às suas raízes e palha. As raízes podem melhorar a qualidade física do solo (FERREIRA et al., 2018), levando a um aumento na infiltração de água no solo e retenção, melhor difusão de oxigênio e redução do solo resistência à penetração da raiz. A palha reduz no solo a taxa de evaporação da água, os picos de aquecimento do solo, infestação de ervas daninhas e erosão do solo, também liberando nutrientes para as colheitas subsequentes (Reis et al., 2019).

A rotação de culturas pode ser considerado um dos principais requisitos utilizados para viabilizar o sistema plantio direto, pois é um dos sistemas mais eficientes de conservação de solo. Portanto, a rotação de culturas é uma estratégia importante sendo cada vez mais utilizada na agricultura brasileira. O conceito para essa prática é definido como plantio com alternância de espécies, uma após a outra, na mesma área, 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 (Sachetti, 2020).

A sucessão entre duas culturas é uma realidade em expansão na agricultura. Além disso, a prática também tem se difundido a nível nacional. Essa prática contribui de maneira significativa para redução de microrganismos maléficos, como os nematoides por exemplo, e contribuem para o condicionamento do solo. A sucessão de culturas anuais com espécies leguminosas e/ou gramíneas têm se mostrado como ferramentas efetivas proporcionando melhores condições de produtividade devido a seus benéficos ao solo e para a planta (EMBRAPA, 2021).

Gassen & Gassen (1996), relataram que no início dos anos 90, diante das mudanças climáticas há que se ressaltar a contribuição do sistema de plantio direto, pois houve evidências de que a liberação de CO₂ em solos arados, cultivado no sistema convencional de produção, foi superior ao volume de gases emitidos pelo consumo de combustíveis fósseis. Um importante indicador de sustentabilidade e de qualidade do solo, é o teor de carbono total que quanto maior a intensidade de revolvimento com a aração, maior é sua perda na forma de dióxido de carbono, além de promover o aquecimento da superfície pela exposição à radiação solar, contribuindo para o aumento do efeito estufa. No SPD, com a palhada em cobertura, promove reflexão da radiação solar, reduz perda de carbono, na forma de CO₂, influenciando diretamente na redução do efeito estufa. O maior conteúdo de carbono total no sistema de plantio direto em relação ao Sistema Convencional está relacionado a imobilização do solo, associado ao pousio com gramíneas (capim colônio nos quatro anos anteriores à implantação, à braquiária no primeiro ano), a presença de plantas espontâneas durante o pousio dos tratamentos, à cobertura morta produzida

pelas sucessões e ao possível aumento na densidade radicular, favorecendo acúmulo de carbono nas camadas superficiais do solo (Sá et al., 2014). Além disso, Assis e Lanças (2010) e Muñoz et al. (2007) afirmam que o acúmulo de carbono é proporcional ao tempo de implantação do SPD, levando a um efeito superficial dos sistemas de manejo em relação à mata, enquanto no sistema convencional, reduziu o conteúdo de carbono pela rápida oxidação da matéria orgânica e mobilização do solo.

Uma das questões de grande preocupação é a quantidade de água potável, e sem ela não há comida, e nem vida na Terra. Isto não deveria trazer preocupações, devido 70% do planeta ser coberto por água, porém aproximadamente 97,5% é salgada, estando disponível menos de 3% de água doce, e apenas 0,4% estão na superfície dos solos (Consumo Sustentável, 2005). E de acordo com a Unicef (Fundo das Nações Unidas para a Infância), menos da metade da população mundial tem acesso, que segundo Meirelles (2000) relata que a irrigação corresponde a 73% do consumo, 21% nas indústrias e apenas 6% destinam-se ao consumo doméstico, neste sentido pode ocorrer crise hídrica em futuro próximo.

Um dos setores de maior consumo de água para irrigação é a horticultura, onde a olericultura se insere, requisitando irrigação diariamente, uma ou duas vezes ao dia dependendo do clima e região. No contexto de otimização da água na agricultura, o SPD é o manejo mais adequado por aumentar a matéria orgânica no perfil e na superfície do solo, aumentando a retenção de água (Marouelli et al., 2010).

Em grandes culturas já existem várias pesquisas conduzidas no sistema de plantio direto, como em feijão (Stone & Moreira, 2000; Andrade et al., 2002; Stone et al., 2006; Bizari et al., 2009), milho (Lara Cabezas et al., 2000; Amado et al., 2002; Ceretta et al., 2002; Caires et al., 2006; Silva et al., 2006), soja (Caires et al., 2001; Caires et al., 2006; Flores et al., 2007; Klein & Camara, 2007), trigo (Abreu et al., 2003; Da Ros et al., 2003; Braz et al., 2006; Teixeira Filho et al., 2010), embora ainda há que se pesquisar.

Por outro lado, o plantio direto de hortaliças (SPDH) é um fato relativamente recente, surgindo os pioneiros próximos do ano 2000, portanto, ainda são poucos os trabalhos e ainda há muito que ser estudado. Alguns trabalhos já foram desenvolvidos, como em alface-americana (Hirata et al., 2014), berinjela (Castro et al., 2005; Lima et al., 2012; Echer et al., 2016), beterraba (Purquerio et al., 2009; Factor et al., 2010), brócolis (Melo, 2007), cebola (Souza et al., 2013; Loss et al., 2015), cebolinha (Araújo Neto et al., 2010), coentro (Tavella et al., 2010), repolho (Marouelli et al., 2010), tomate (Marouelli et al., 2000; Hirata et al., 2009; Kieling et al., 2009; Silva et al., 2009), no entanto, vale ressaltar que a dinâmica da palhada e ciclagem de nutrientes é muito variável, conforme a posição geográfica do campo de produção, sendo influenciado pelo clima, fauna, pelos atributos físicos e químicos do solo, altitude, relevo, dentre outros que são altamente variáveis de região para região.

Como já mencionado sobre as vantagens da presença de palhada sobre o solo, foi observado por Silva et al. (2009), que estudaram o cultivo isolado e consorciado de adubos verdes: *Crotalaria juncea*, *Stizolobium aterrimum*, *Pennisetum glaucum*, *C. juncea* + *P. glaucum*, *C. juncea* + *S. aterrimum*, *P. glaucum* + *S. aterrimum*, para formação de palhada no cultivo de tomate rasteiro, e obtiveram maior supressão de plantas daninhas quando a palhada utilizada foi *P. glaucum* (milheto) devido a maior produção de massa seca (23,8 Mg ha⁻¹), tanto em cultivo solteiro ou consorciado, e independente da espécie, não houve diferença significativa na produtividade do tomateiro. Já na produção da beterraba em plantio direto, houve produtividade superior sobre palhada da mistura de milheto + crotalária, não diferindo do milheto, que foi cultivado em solteiro (Factor et al., 2010).

Em outro trabalho com tomateiro, foram testadas a aveia preta, ervilhaca e nabo forrageiro em sistemas de cobertura solteiros e consorciados, e as espécies que mais produziram matéria seca foram: aveia + ervilhaca e aveia solteira, e mesmo assim não houve diferença significativa na produção de tomate independente dos tratamentos (Kieling et al., 2009).

5. Considerações Finais

É notório que o sistema de plantio direto traz grandes benefícios à qualidade física e química do solo, mas, a sua implantação deve ser bem planejada de acordo com o benefício esperado. A escolha de culturas com baixa relação C/N, tem liberação de nutrientes mais rápida, mas a degradação da palhada também é mais rápida, por exemplo, leguminosas.

Considerando a palha deixada pelas culturas de sucessão / rotação com gramíneas, essas deixam em média 8t de palha por hectare na superfície do solo e nitrogênio acumulado nessa palha, contribuindo para o desenvolvimento da cultura subsequente por a palha manter a temperatura e umidade controladas, mas o nitrogênio acumulado encontra-se imobilizado, tendo pouco aproveitamento pela cultura. A alta relação C/N é responsável por essa imobilização, que diminui as taxas de liberação de nutrientes, mas deixa a palha protegendo o solo por mais tempo.

Sendo assim, a diversidade de plantas é quem garante o estabelecimento do sistema de plantio direto, proporcionando a melhor relação de sucessão / rotação de culturas, trazendo benefícios físicos e químicos para a alta produtividade das culturas.

Neste sentido, após este estudo, pretende estudar a qualidade do solo em sistemas de plantio direto em área de solos frágeis, como por exemplo, solos arenosos da região oeste do estado de São Paulo e verificar os efeitos no solo.

Referências

- Abreu, S. L., Reichert, J. M., Silva, V. R., Reinert, D. J., & Blume, E. (2003). Variabilidade espacial de propriedades físico-hídricas do solo, da produtividade e da qualidade de grãos de trigo em Argissolo Franco Arenoso sob plantio direto. *Ciência Rural*, 33, 275-282.
- Amado, T. J. C., Mielniczuk, J., & Aita, C. (2002). Recomendações de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26, 241-248.
- Andrade, R. S., Stone, L. F., & Silveira, P. M. (2009). Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13(4), 411-418.
- Andrade, R. S., Moreira, J. A. A., Stone, L. F., & Carvalho, J. A. (2002). Consumo relativo de água do feijoeiro no plantio direto em função da porcentagem de cobertura morta do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 6, 35-38.
- Andrioli, I. (2004). *Plantas de cobertura em pré-safra à cultura do milho em plantio direto, na região de Jaboticabal-SP*. 78f. Tese (Livre-Docente) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- Aratani, R. G., Freddi, O. da S., Centurion, J. F., & Andrioli, I. (2009). Qualidade física de um Latossolo Vermelho Acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33, 677-687.
- Araújo Neto, S. E., Galvão, R. O., Ferreira, R. L. F., Parmejiani, R. S., & Negreiros, J. R. S. (2010). Plantio direto de cebolinha sobre cobertura vegetal com efeito residual da aplicação de composto orgânico. *Ciência Rural*, 40(5), 1206-1209.
- Assis, R. L., & Lanças, K. P. (2010). Agregação de um Nitossolo Vermelho Distroférrico sob sistemas de plantio direto, preparo convencional e mata nativa. *Engenharia Agrícola*, 30(1), 58-66.
- Barbieri, M., Dossin, M. F., Nora, D. D., Santos, W. B., Bevilacqua, C. B., Andrade, N., Boeni, M., Deuschle, D., Jacques, R. J. S., & 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*.
- Barreto, R. C., Madari, B. E., Maddock, J. E. L., Machado, P. L. O. A., Torres, E., Franchini, J., & Costa, A. R. (2009). The impact of soil management on aggregation, carbon stabilization and carbon loss as CO₂ in the surface layer of a Rhodic Ferralsol in Southern Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 132, 243-251.
- Bertioli Júnior, E., Moreira, W. H., Tormena, C. A., Ferreira, C. J. B., Silva, A. P., & Giarola, N. F. B. (2012). Intervalo hídrico ótimo e grau de compactação de um Latossolo Vermelho após 30 anos sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36, 971-982.
- Bertol, I., Albuquerque, J. A., Leite, D., Amaral, A. J., & Zoldan Júnior, W. A. (2004). Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28, 155-163.
- Bizari, D. R., Matura, E. E., Roque, M. W., & Souza, A. L. (2009). Consumo de água e produção de grãos do feijoeiro irrigado em sistemas de plantio direto e convencional. *Ciência Rural*, 39, 2073-2079.
- Brasil. (2012). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, *Ministério do Desenvolvimento Agrário*, coordenação da Casa Civil da Presidência da República. – Brasília: MAPA/ACS. 173 p.
- Braz, A. J. B. P., Silveira, P. M. D., Kliemann, H. J., & Zimmermann, F. J. P. (2006). Adubação nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em sistema de plantio direto após diferentes culturas. *Ciência e Agrotecnologia*, 30(2), 193-198.

- Bressan, S. B., Nobrega, J. C. A., Nobrega, R. S. A., Barbosa, R. S., & Sousa, L. B. (2013). Plantas de cobertura e qualidade química de Latossolo Amarelo sob plantio direto no cerrado maranhense. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(4), 371-378.
- Caires, E. F., Garbuió, F. J., Alleoni, L. R. F., & Cambri, M. A. (2006). Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30, 87-98.
- Caires, E. F., Fonseca, A. F., Feldhaus, I. C., & Blum, J. (2001). Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 25, 1029-1040.
- Castro, C. M., Almeida, D. L., Ribeiro, R. L. D., & Carvalho, J. F. (2005). Plantio direto, adubação verde e suplementação com esterco de aves na produção orgânica de berinjela. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40(5), 495-502.
- Ceretta, C. A., Basso, C. J., Diekow, J., Aita, C., Pavinato, P. S., Vieira, F. C. B., & Vendrusculo, E. R. O. (2002). Nitrogen fertilizer split-application for corn in no-till succession to black oats. *Scientia Agrícola*, 59, 549-554.
- Consumo sustentável: Manual de educação. (2005). 160p Brasília: *Consumers International/ MMA/ MEC/ IDEC*.
- Correia, A. M. R.; Mesquita, A. *Mestrados e Doutoramentos*. (2a ed.), Vida Econômica Editorial, 2014. 328 p.
- Da Ros, C. O., Salet, R. L., Porn, R. L., & Machado, J. N. C. (2003). Disponibilidade de nitrogênio e produtividade de milho e trigo com diferentes métodos de adubação nitrogenada no sistema plantio direto. *Ciência Rural*, 33, 799-804.
- Echer, M. M., Dalastra, G. M., Hachmann, T. L., Guimarães, V. F., Fiametti, M. S. (2016). Desempenho de cultivares de berinjela em plantio direto e convencional. *Horticultura Brasileira*, 34, 239-243.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2021). *Rotação e sucessão de culturas como estratégias para o manejo do nematoide reniforme*. <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/60318687/artigo---rotacao-e-sucessao-de-culturas-como-estrategias-para-o-manejo-do-nematoide-reniforme>>.
- Franchini, J. C., Debiasi, H., Balbinot Júnior, A. A., Tonon, B. C., Farias, J. R. B., 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*, Amsterdam, 137, 178-185.
- Factor, T. L., Lima, J. R. S., Purquerio, L. F. V., Breda Júnior, J. M., & Calori, A. H. C. (2010). Produção de beterraba em plantio direto sob diferentes palhadas. In: *Congresso Brasileiro de Olericultura*, 50º. Resumos. Guarapari.
- FEBRAPDP – Federação Brasileira do Sistema Plantio Direto. (2022). *Evolução da área sob plantio direto no Brasil*. <<https://febrapdp.org.br/download/14588evolucao-pd-no-bbrazil-2021-jpg.jpg>>.
- Ferreira, A. de O., Sá, J. C. de M., Lal, R., Tivet, F., Briedis, C., Inagaki, T. M., Gonçalves, D. R. P., & Romaniw, J. (2018). Macroaggregation and soil organic carbon restoration in a highly weathered Brazilian Oxisol after two decades under no-till. *Science of the Total Environment*, 621, 1559-1567.
- Ferreira, E. V. O. (2009). *Dinâmica de potássio em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto sob intensidades de pastejo*. Porto Alegre: UFRGS. (Dissertação de Mestrado)
- Flores, J. P. C., Anghinoni, I., Cassol, L. C., Carvalho, P. C. F., Leite, J. G. D. B., & Fraga, T. I. (2007). Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31(4), 71-780.
- Gassen, D., Gassen, F. (1996). Plantio direto: O caminho do futuro. *Aldeia Sul*. 207p.
- Genro Júnior, S. A., Reinert, D. J., Reichert, J. M., & Albuquerque, J. A. (2009). Atributos físicos de um Latossolo Vermelho e produtividade de culturas cultivadas em sucessão e rotação. *Ciência Rural*, 39(1), 65-73.
- Giubergia, J. P., Martellotto, E., & Lavado, R. S. (2013). Complementary irrigation and direct drilling have little effect on soil organic carbon content in semiarid Argentina. *Soil and Tillage Research*, 134, 147-152.
- Gozubuyuk, Z., Sahin, U., Ozturk, I., Celik, A., & Adiguzel, M. C. (2014). Tillage effects on certain physical and hydraulic properties of a loamy soil under a crop rotation in a semi-arid region with a cool climate. *Catena*, 118, 195-205.
- Hirata, A. C. S., Hirata, E. K., Guimarães, E. C., Ros, A. B., & Monquero, P. A. (2014). Plantio direto de alface americana sobre plantas de cobertura dessecadas ou roçadas. *Bragantia*, 73(2), 178-183.
- Hirata, A. C. S., Hirata, E. K., Monquero, P. A., Golla, A. R., & Narita, N. (2009). Plantas de cobertura no controle de plantas daninhas na cultura do tomate em plantio direto. *Planta Daninha*, 27(3), 465-472.
- Kazmierczak, R. (2018). *Indicadores físicos e químicos de qualidade do solo em sistemas de preparo*. UEPG. 102p. (Dissertação de Mestrado).
- Kieling, A. S., Comin, J. J., Fayad, J. A., Lana, M. A., & Lovato, P. E. (2009). Plantas de cobertura de inverno em sistema de plantio direto de hortaliças sem herbicidas: efeitos sobre plantas espontâneas e na produção de tomate. *Ciência Rural*, 39(7), 2207-2209.
- Klein, V. A., & Camara, R. K. (2007). Rendimento de soja e intervalo hídrico ótimo em latossolo vermelho sob plantio direto escarificado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31, 221-227.
- Lara Cabezas, W. A. R., Trivelin, P. C. O., Kondorfer, G. H., & Pereira, S. (2000). Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura de milho, em sistema de plantio direto no Triângulo Mineiro (MG). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24, 363-376.

- Lima, M. E., Carvalho, D. F., Souza, A. P., Rocha, H. S., & Guerra, J. G. M. (2012). Desempenho do cultivo da berinjela em plantio direto submetida a diferentes lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(6), 604-610.
- Loss, A., Basso, A., Oliveira, B. S., Koucher, L. P., Oliveira, R. A., Kurtz, C., Lovato, P. E., Curmi, P., Brunetto, G., & Comin, J. J. (2015). Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39(4), 1212-1224.
- Marouelli, W. A., Abdalla, R. P., Madeira, N. R., Oliveira, A. S., & Souza, R.F. (2010). Eficiência de uso da água e produção de repolho sobre diferentes quantidades de palhada em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45, 369-375.
- Marouelli, W. A., Silva, W. L. C., Silva, H. R., & Vilela, N. J. (2000). Eficiência econômica do manejo racional da irrigação em tomateiro para processamento industrial. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 18(3), 238-243.
- Meirelles, F. (2000). Impactos decorrentes nos principais setores usuários – Setor agrícola: A visão da FAESP. A cobrança pelo uso da água. São Paulo: *IQUAL Instituto de qualificação e editoração LTDA.*, 197-200.
- Melo, R. A. C. (2007). *Produtividade e rentabilidade de brócolis de inflorescência única em sistema de plantio direto*. Brasília: UnB. 56p. (Dissertação de Mestrado).
- Moraes, M. T. (2013). *Qualidade física do solo sob diferentes tempos de adoção e de escarificação do sistema plantio direto e sua relação com a rotação de culturas*. Santa Maria: UFSM. 205p. (Dissertação de Mestrado)
- Muñoz, A., Lopez-Piñeiro, A., & Ramirez, M. (2007). Soil quality attributes of conservation management regimes in a semi-arid region of southwestern Spain. *Soil and Tillage Research*, 95(1/2), 255-265.
- Osterroht, M. von. (2002). O que é uma adubação verde: princípios e ações. *Agroecologia Hoje*, 14(1), 9-11.
- Pinheiro, D. P. (2018). *Indicadores de qualidade de Argissolo submetido à escarificação em área mecanizada de cana-de-açúcar* (tese). Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista.
- Portugal, A. F., Fontes, L. E. F., Lani, J. L., Schaefer, C. E. G., & Fernandes Filho, E. I. (2012). Alterações em propriedades físicas do solo em ecossistemas de floresta após a implantação de pastagem no extremo oeste do Acre. Rio Branco: *SEMA*. 142 p.
- Portugal, A. F., Costa, O. D. V., & Costa, L. M. (2010). Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da zona da mata mineira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34, 575-585.
- Purquerio, L. F. V., Factor, T. L., Lima, J. R. S., Tivelli, S. W., Trani, P. E., Breda Júnior, J. M., & Rocha, M. A. V. (2009). Produtividade e qualidade de beterraba cultivada em plantio direto em função do nitrogênio e molibdênio. *Horticultura Brasileira* 27: S366-S372.
- Radford, B. J., Yule, D. F., McGarry, D., & Playford, C. (2007). Amelioration of soil compaction can take 5 years on a Vertisol under no till in the semi-arid subtropics. *Soil and Tillage Research*, 97(2), 249-255.
- Rangel, O. J. P., & Silva, C. A. (2007). Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, p. 1609-1623.
- Reis, A. S., Nanni, M. R., Santos, G. L. A. A., Furlanetto, R. H., Rodrigues, M., & Oliveira, K. M. (2019). Comportamento espectral da cultura da soja em relação à rotação e sucessão de culturas. XI EPCC (*Encontro Internacional de Produção Científica*) - Anais Eletrônico.
- Rosset, J. S., Pereira, M. G., Assunção, S. A., Garcia, A. C. (2019). Qualidade do solo em diferentes sistemas. *Revista A Granja*.
- Sá, J. C. M., Tivet, F., Lal, R., Briedis, C., Hartman, D. C., Zuffo, J. dos S., & Santos, J. B. (2014). Long-term tillage systems impacts on soil C dynamics, soil resilience and agronomic productivity of a Brazilian Oxisol. *Soil and Tillage Research*, 136, 38-50.
- Sachetti, B. B. (2020). *A importância da rotação de culturas para o sistema de plantio direto*. Dissertação (Graduação) FAMA / Faculdade da Amazônia. Vilhena, RO. 22p.
- Saraiva, J. S., Oliveira, L. L., Silva, L. F., Santos, P. C., & Barbosa, I. C. (2018). Acidez potencial em um latossolo amarelo, Belém, Pará. III *Congresso Internacional das Ciências Agrárias COINTER PDVAGR*.
- Shi, X. H., Yang, X. M., Drury, C. F., Reynolds, W. D., McLaughlin, N. B., & Zhang, X. P. (2012). Impact of ridge tillage on soil organic carbon and selected physical properties of a clay loam in southwestern Ontario. *Soil and Tillage Research*. 120:1-7.
- Silva, M. O., Veloso, C. L., Nascimento, D. L., Oliveira, J., Pereira, D. F., & Costa, K. D. S. (2020). Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. *Brazilian Journal of Development*.
- Silva, A. C., Hirata, E. K., & Monquero, P. A. (2009). Produção de palha e supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura, no plantio direto do tomateiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(1), 22-28.
- Silva, E. C., Muraoka, T., Buzetti, S., & Trivelin, P. C. O. (2006). Nitrogen management in corn under no-tillage with different cover crops in a Rhodic Hapludox soil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* (EMBRAPA) Brasília, 41, 477-486.
- Sousa, A. S., Oliveira, G. S., & Alves, L. H. (2021). A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos. *Cadernos da Fucamp*, 20(43), 64-83.
- Souza, M., Comin, J. J., Leguizamon, E. S., Kurtz, C., Brunetto, G., Muller Júnior, V., Ventura, B., & Camargo, A. P. (2013). Matéria seca de plantas de cobertura, produção de cebola e atributos químicos do solo em sistema plantio direto agroecológico. *Ciência Rural*, 43(1), 21-27.
- Stone, L. F., & Moreira, J. A. A. (2000). Efeitos de sistemas de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35, 835-841.

Stone, L. F., Silveira, P. M., Moreira, J. A. A., & Braz, A. J. B. P. (2006). Evapotranspiração do feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto sobre diferentes palhadas de culturas de cobertura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(4), 577-582.

Tavella, L. B., Galvão, R. O., Ferreira, R. L. F., Araújo Neto, S. E., & Negreiros, J. R. S. (2010). Cultivo orgânico de coentro em plantio direto utilizando cobertura viva e morta adubado com composto. *Revista Ciência Agronômica*, 41(4), 614-618.

Teixeira Filho, M. C. M., Buzetti, S., Andreotti, M., Arf, O., & Benett, C. G. S. (2010). Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45(8), 797-804.