

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

EDINEIA DE ASSIS WANZUITA SCHNEIDER

**SISTEMA PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS: O ESTADO DA ARTE DOS
ÚLTIMOS 10 ANOS**

PATO BRANCO

2022

EDINEIA DE ASSIS WANZUITA SCHNEIDER

**SISTEMA PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS: O ESTADO DA ARTE DOS
ÚLTIMOS 10 ANOS**

No-till vegetable planting system: the state of the art of the last 10 years

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia do Curso de Bacharelado em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Thiago de Oliveira Vargas

Coorientador: Prof. Dr. Luís César Cassol

PATO BRANCO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

EDINEIA DE ASSIS WANZUITA SCHNEIDER

**SISTEMA PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS: O ESTADO DA ARTE DOS
ÚLTIMOS 10 ANOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Agronomia do Curso de
Bacharelado em Agronomia da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Data de aprovação: 09/junho/2022

Thiago de Oliveira Vargas
Doutorado em Fitotecnia (Produção Vegetal)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Luís César Cassol
Doutorado em Ciência do Solo
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Luciano Pessoa de Almeida
Doutorado em Agronomia
Universidade Federal da Fronteira Sul

PATO BRANCO

2022

Dedico este trabalho a minha filha Alice, ao meu esposo Fábio, aos meus pais Olivio e Balbina, a minha irmã Josicléia e ao meu avô João Francisco (*in memoriam*), que estiveram presente quando mais precisei de incentivo, apoio e carinho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela proteção e por me fortalecer diante dos desafios que surgiram durante a execução desta pesquisa.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Thiago de Oliveira Vargas, pelo conhecimento transmitido e pela compreensão e apoio ao longo desta trajetória.

Agradeço a Suzieli Aparecida Muller, Heloize Silveira, Matheus Hermann e Allan Gertler pela amizade e apoio durante a realização desta pesquisa.

Agradeço ao Eng. Agrônomo Dr. Luciano Pessoa de Almeida pelo conhecimento transmitido. Deixo aqui registrado também o meu agradecimento à minha família pelo apoio nos momentos difíceis, sem esse apoio não conseguiria vencer este desafio.

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, seja pela transmissão de conhecimento ou por uma palavra amiga, que me incentivaram a superar os desafios que surgiram ao longo do processo.

RESUMO

A produção de hortaliças em sistemas convencionais degrada o solo e o meio ambiente, o que torna a produção insustentável socioeconomicamente e ambientalmente. O sistema plantio direto de hortaliças (SPDH) surge como uma nova metodologia para a produção de hortaliças, que visa retomar o equilíbrio ecológico, buscando desenvolver um meio rico em matéria orgânica (MO), proveniente da rotação entre as plantas de cobertura e as culturas de interesse comercial, com o mínimo revolvimento do solo nas atividades produtivas. O presente estudo objetivou-se apresentar o estado da arte sobre o sistema plantio direto de hortaliças, no que se refere aos seus benefícios e pesquisas científicas atuais. Para realização desse estudo fez-se uso da ferramenta de busca Google Acadêmico, da plataforma de periódicos da Capes e livros impressos. As bases foram eleitas de acordo com disponibilidade de consulta e relevância. Apenas foi mantido conteúdo anterior aos últimos 10 anos para o embasamento do Referencial Teórico. Pesquisou-se trabalhos nos idiomas português, inglês e espanhol com o uso dos termos técnicos plantio convencional, adubação verde e plantas de cobertura, atributos físicos, químicos e biológicos do solo, ambos relacionados com o SPDH. Conclui-se que nos últimos 10 anos a maioria dos trabalhos desenvolvidos foram focados na qualidade química do solo, enquanto que para a qualidade física e biológica poucos trabalhos foram encontrados; mesmo existindo muitos benefícios proporcionados pelo SPDH, a quantidade de estudo sobre esse assunto ainda é pouca expressivo; e, nota-se com a pesquisa que o desenvolvimento e adoção do SPDH vem crescendo em diferentes regiões brasileiras.

Palavras-chave: qualidade do solo; produção de hortaliças; saúde de plantas.

ABSTRACT

Vegetable production in conventional systems degrades the soil and the environment, which makes production unsustainable socioeconomically and environmentally. The no-tillage system of vegetables (SPDH) represents a new methodology for the production of vegetables, which aims to restore ecological balance, seeking to develop a medium rich in organic matter (OM), derived from the rotation between cover crops and crops. commercial interest, with minimal soil disturbance in productive activities. The present study aimed to present the state of the art on the no-tillage system of vegetables, with regard to its benefits and current scientific research. To carry out this study, the Google Scholar search tool, the Capes journal platform and printed books were used. The bases were chosen according to availability of consultation and relevance. Only content prior to the last 10 years was kept to support the Theoretical Framework. Works were searched in Portuguese, English and Spanish using the technical terms conventional planting, green manure and cover crops, physical, chemical and biological attributes of the soil, both related to SPDH. It is concluded that in the last 10 years most of the works developed were focused on the chemical quality of the soil, while for the physical and biological quality few works were found; even though there are many benefits provided by SPDH, the amount of study on this subject is still not very expressive; and, it is noted with the research that the development and adoption of SPDH has been growing in different Brazilian regions.

Keywords: soil quality; vegetable production; plant health.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Siglas

B	Boro
C	Carbono
Ca	Cálcio
CAF	carbono das frações ácido fúlvico
CAH	ácido húmico
CBM	carbono da biomassa microbiana
CHUM	humina
CM	Cultivo mínimo
COAM	carbono orgânico associado a minerais
COP	carbono orgânico particulado
COT	carbono orgânico total
CTC	Capacidade de troca de cátions
Cu	Cobre
Dcab	diâmetro de cabeça
Dcau	diâmetro do caule
DMG	diâmetro médio geométrico
DMP	diâmetro médio ponderado
FDA	diacetato de fluoresceína
IS	índice de sensibilidade
K	Potássio
Mg	Magnésio
Mn	Manganês

MO	Matéria orgânica
MOL	matéria orgânica leve
MOS	Matéria orgânica no solo
MS	matéria seca
N	Nitrogênio
N2	Nitrogênio atmosférico
NT	Nitrogênio total
P	Fósforo
PC	Plantio convencional
PD	Plantio direto
pH	Potencial hidrogeniônico
PPR	Plantio em preparo reduzido
qCO2	quociente metabólico
RB	respiração basal
S	Enxofre
SPC	Sistema plantio convencional
SPD	Sistema plantio direto
SPDH	Sistema plantio direto de hortaliças
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Objetivos	11
1.1.1	Objetivo geral	11
1.1.2	Objetivos específicos	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	Sistema Plantio Convencional	13
2.2	Sistema Plantio Direto de Hortaliças	13
2.2.1	Adubação verde, plantas de cobertura e os atributos de solo	14
3	MATERIAL E MÉTODOS	16
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	17
4.1	Sistema Plantio Direto de Hortaliças	17
4.2	Adubação verde e plantas de cobertura no SPDH	17
4.3	Benefícios da adoção do SPDH nos atributos de solo	21
4.3.1	Atributos Químicos	21
4.3.2	Atributos Físicos	23
4.3.3	Atributos Biológicos	24
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
	REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

O Sistema plantio convencional (SPC) é o sistema de manejo do solo mais utilizado no país para produção de hortaliças. Porém, através deste sistema o cultivo de hortaliças se torna insustentável, pois ocorre degradação das características física, química e biológica do solo pelo uso elevado de insumos e agroquímicos e pela utilização de implementos para revolvimento do solo no preparo de canteiros, causando pulverização da camada superficial e compactação subsuperficial do solo. Ainda, a falta de cobertura do solo neste sistema dificulta o aporte de matéria orgânica, desequilibrando a atividade microbiana do solo. Assim, o desenvolvimento de sistemas conservacionistas para o cultivo de hortaliças que permitam as plantas expressarem seu potencial genético tem grande relevância e o Sistema plantio direto de hortaliças (SPDH) surgiu como alternativa para o aumento da sustentabilidade dessa atividade (LIMA *et al.*, 2016)

As primeiras experiências com o SPDH ocorreram na década de 1980, em Santa Catarina, através do cultivo mínimo de cebola, após os produtores sofrerem perdas produtivas em função da erosão hídrica por não adotarem práticas conservacionistas, como a cobertura do solo (MADEIRA, 2009). Deste então, tem se notado vários benefícios fornecidos pelo SPDH como o aumento dos estoques de carbono, proteção do solo contra a erosão, redução da incidência das plantas invasoras, retenção da água no solo, disponibilidade de nutrientes provenientes das plantas de cobertura, redução da aplicação de agroquímicos, adubos, fertilizantes e entre outros (FAYAD *et al.*, 2019; MADEIRA *et al.*, 2019; SOUZA *et al.*, 2018; LOSS *et al.*, 2017).

Diante dos vários benefícios fornecidos pelo SPDH e da necessidade de buscar sistemas de manejo sustentáveis para a produção de hortaliças, acredita-se que a adoção de SPDH atenda às necessidades em se produzir hortaliças com sustentabilidade ambiental e com viabilidade econômica.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Apresentar o estado da arte sobre o Sistema Plantio Direto de Hortaliças, no que se refere aos seus benefícios e pesquisas científicas atuais.

1.1.2 Objetivos específicos

Apresentar os benefícios da adoção do Sistema Plantio Direto de Hortaliças, abordando as vantagens da inserção da adubação verde e plantas de cobertura, e o seu efeito nos atributos de solo.

Abordar as atualidades do SPDH, com vistas aos achados científicos publicados recentemente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sistema Plantio Convencional

Um das práticas de preparo do solo na Olericultura é realizada através do SPC com a utilização de implementos agrícolas como o arado e a grade para revolver e destorroar o solo, para posteriormente ser utilizado a enxada rotativa ou encanteirador para formar os canteiros e realizar o plantio das hortaliças. Estes são refeitos a cada plantio, até várias vezes durante o ano de cultivo (ANDRIOLO, 2017). No entanto, através desse sistema, ocorre a ruptura dos agregados do solo e a fragmentação e incorporação da cobertura vegetal e dos resíduos vegetais da superfície do solo, provocando redução da Matéria orgânica (MO) e da atividade dos organismos e microrganismos do solo, propiciando os processos erosivos, compactação e redução dos nutrientes, acarretando na perda da qualidade do solo (VALARINI *et al.*, 2011; LOSS *et al.*, 2015). A redução da MO dificulta a dinâmica da água, a agregação do solo, a retenção e a ciclagem de nutrientes e a atividade biológica (CASTRO *et al.*, 2011; LOSS *et al.*, 2015).

No entanto, os problemas desencadeados com a prática do plantio convencional de hortaliças, são amenizados através do sistema plantio direto de hortaliças (SPDH), uma vez que através do SPDH as perdas de solo quando comparados com sistemas convencionais são reduzidas (MADEIRA *et al.*, 2019; LOSS *et al.*, 2017).

No trabalho de Loss *et al.* (2017), que teve por objetivo avaliar os atributos físicos do solo cultivado com cebola em SPDH e SPC, comparados à área de floresta secundária, observaram que o SPDH aumentou os índices de agregação, a porosidade total e umidade volumétrica em comparação ao SPC, se equiparando aos índices de agregação em relação à área de mata.

No estudo de Souza, Madeira e Figueiredo (2014) ao avaliarem as perdas de solo provocada por erosão hídrica, no cultivo com hortaliças sob diferentes sistemas de manejo, observaram redução de 66% nas taxas de perda de solo no plantio direto em relação ao SPC e 90% nas taxas de perdas de água em relação ao plantio convencional.

2.2 Sistema Plantio Direto de Hortaliças

As primeiras experiências com o sistema plantio direto de hortaliças ocorreram com o cultivo mínimo de cebola no estado de Santa Catarina, na década de 1980. Nessa década as áreas destinadas para a produção de cebola do Vale do Itajaí e região Serrana Catarinense, foram gravemente prejudicadas em decorrência da erosão hídrica que atingiu a região. A intensa mobilização do solo, associada à topografia destas regiões, à não adoção de práticas conservacionistas e a baixa cobertura de solo propiciaram a ocorrência da erosão hídrica nessas áreas. Assim, o cultivo mínimo, que consiste na formação prévia de palhada, seguida da abertura de pequenos sulcos para o transplante de mudas, surgiu como alternativa ao sistema convencio-

nal para controlar a erosão, conservar a umidade e reduzir a variação de temperaturas do solo (MADEIRA, 2009).

Diferente do SPC, o SPDH tem como base o revolvimento mínimo do solo, a formação de matéria seca através da manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo e a rotação de culturas, visando manter ou melhorar as características físicas, biológicas e químicas dos solos (GIRARDELLO *et al.*, 2017).

Para obter sucesso com o SPDH é indispensável a alta produção de massa, sendo necessário anualmente o aporte de resíduos superior a 10 t.ha^{-1} de massa da matéria seca (MASSON; ARL; WUERGES, 2019).

Os trabalhos desenvolvidos com base no SPDH demonstraram os benefícios proporcionados por esse sistema, tal qual o Girardello *et al.* (2017) ao avaliarem os sistemas de cultivo direto da alface, observaram maior produção de massa da matéria fresca e altura da cultura ao ser cultivada em SPDH.

Ao avaliarem, em ambiente protegido com condições edafoclimáticas do Cerrado brasileiro, os efeitos dos sistemas de manejo Plantio direto (PD), Cultivo mínimo (CM) e Plantio convencional (PC) sobre aspectos produtivos de melão amarelo, Lima *et al.* (2017) observaram que no SPDH ocorreu aumentos na produtividade e no número médio de frutos ($61,5$ e $61,2 \text{ t.ha}^{-1}$ no primeiro e segundo ciclo, respectivamente) e no cultivo mínimo ($59,7$ e $57,5 \text{ t.ha}^{-1}$ no primeiro e segundo ciclo, respectivamente) em comparação com o SPC.

No estudo de Melo *et al.* (2016) ao avaliarem as frações húmicas, granulométricas e oxidáveis da matéria orgânica do solo, o conteúdo de matéria orgânica leve no solo, e os teores e estoques de Carbono (C) e Nitrogênio (N) em Latossolo Vermelho, manejado nos sistemas plantio direto e convencional, para o cultivo de repolho, observaram que o sistema plantio direto aumenta os teores de matéria orgânica leve, C e N, assim como os estoques de C e os valores de C orgânico particulado, de C orgânico associado a minerais, e de frações húmicas e oxidáveis da matéria orgânica.

2.2.1 Adubação verde, plantas de cobertura e os atributos de solo

A adubação verde utiliza espécies de plantas de cobertura para a formação de massa, utilizada como fonte de nutrientes para culturas de interesse, proteção e melhoria da qualidade do solo (WILDNER, 2014)(SOUZA *et al.*, 2012). As plantas de cobertura reduzem a evaporação acelerada da umidade do solo, reduzem as temperaturas, aumentam os nutrientes e melhoram a estrutura do solo, protegendo-o dos processos erosivos, além de promover o controle das plantas espontâneas indesejáveis e proteger as culturas do ataque de pragas e doenças de plantas (THOMAZINI *et al.*, 2015; LIMA FILHO *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2013). O potencial das plantas de cobertura de reduzir a densidade de plantas daninhas ocorre devido a liberação de compostos alelopáticos, competição por nutrientes, luz solar, água e entre outros (CIACCIA *et al.*, 2015; TIMOSSI *et al.*, 2011).

As plantas de cobertura melhoram o ambiente da cultura, promovendo a ciclagem de nutrientes, melhora os atributos físicos e químicos do solo. Quando utilizadas plantas de cobertura leguminosas, ocorre a incorporação de Nitrogênio atmosférico (N₂), entre outros benefícios que ajudam a aumentar a produtividade das culturas (ROBAČER *et al.*, 2016). As plantas de cobertura podem ser utilizadas de forma solteira ou em plantio consorciado e quando cultivadas em sistemas de plantio direto são eficazes para a recuperação e incremento dos conteúdos de carbono orgânico total e nitrogênio total no solo (MADEIRA *et al.*, 2019)(FERREIRA *et al.*, 2018).

Propriedades físicas do solo, tais como infiltração de água, porosidade total e formação dos agregados, são influenciadas pelo uso de plantas de cobertura (LOSS *et al.*, 2020).

As coberturas, também, melhoram a qualidade química do solo, pois promovem a absorção de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), a complexação de elementos tóxicos e o aumento da Capacidade de troca de cátions (CTC) com o aumento dos níveis de Matéria orgânica no solo (MOS) (NASCENTE; STONE; CRUSCIOL, 2015).

As plantas de cobertura utilizadas podem ser de verão e de inverno. O corte dessas plantas, ocorre após a plena floração, pois nesta fase fornecem a maior quantidade de biomassa e nutrientes ao solo, sendo as espécies das famílias *fabaceae* e *poaceae* as mais utilizadas para a adubação verde (ROBAČER *et al.*, 2016).

Souza *et al.* (2021), em estudo de 8 anos com plantio direto de cebola sob plantas de cobertura de inverno em cultivo solteiro ou consorciado observaram médias entre 4 e 5 $t.ha^{-1}$ de massa seca para as plantas de cobertura ao longo do experimento.

Em outra avaliação envolvendo o cultivo de milho verde orgânico sob plantio direto, Favarrato *et al.* (2015) avaliaram a influência da palhada das plantas de cobertura aveia preta (*Avena strigosa*) e do tremoço branco (*Lupinus albus*) em plantio solteiro e consorciado sobre os atributos químicos do solo. Os autores, observaram que as plantas de cobertura proporcionaram incrementos nos valores de Potencial hidrogeniônico (pH), Fósforo (P), Potássio (K) e Ca.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização desse estudo foram identificados e selecionados os trabalhos realizados nos últimos 10 anos, compreendendo os anos de 2011 a início de 2022, através do uso da ferramenta de busca Google Acadêmico, da plataforma de periódicos da Capes e livros impressos. A pesquisa foi executada entre os dias 01 de maio de 2021 a 15 de abril de 2022. As bases foram eleitas de acordo com disponibilidade de consulta e relevância. Apenas foi mantido conteúdo anterior aos últimos 10 anos para o embasamento teórico da Revisão de Literatura.

Pesquisou-se trabalhos nos idiomas português, inglês e espanhol sobre os benefícios do SPDH aos sistemas de produção de hortaliças que abordassem os benefícios da adubação verde e plantas de cobertura no SPDH e os benefícios da adoção do SPDH nos atributos de solo. Além de pesquisar as atualidades do SPDH, com vistas aos achados científicos publicados recentemente.

Os termos técnicos utilizados para encontrar os materiais foram plantio convencional, adubação verde e plantas de cobertura, qualidade física, química e biológica do solo, ambos relacionados com o SPDH.

A maioria dos trabalhos encontrados foram realizados no Brasil, mas alguns trabalhos realizados em outros países também foram considerados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Sistema Plantio Direto de Hortaliças

Na literatura, foi encontrado inúmeros trabalhos voltados ao sistema plantio direto para culturas de grãos. Porém, a quantidade de trabalhos voltados para o SPDH ainda é pouco expressivo quando comparado às *commodities*. Tal fato pode ser explicado pela escassez de informações e tecnologias apropriadas, como a falta de mão de obra especializada, de equipamentos e maquinários próprios para semear e/ou plantar hortaliças sob o SPDH, entre outras questões.

A área destinada para o plantio direto no Brasil é de aproximadamente 33 milhões de hectares (FUENTES-LLANILLO *et al.*, 2021), enquanto que registros sobre a área total destinada ao SPDH não foram encontrados durante a realização desta pesquisa. Embora é possível identificar com a pesquisa que o desenvolvimento e adoção do SPDH vem crescendo em diferentes regiões brasileiras.

4.2 Adubação verde e plantas de cobertura no SPDH

A base para se alcançar bons resultados com a implantação do SPDH são atribuídos a adequada quantidade de massa da matéria seca (MS) proveniente das plantas de cobertura, que devem no mínimo se aproximar de 10 t.ha^{-1} por ano. Em Uberaba, Minas Gerais, durante avaliações das plantas de cobertura (braquiária (*Urochloa brizantha*), milheto (*Pennisetum glaucum*), crotalária (*Crotalaria juncea*) e milheto+crotalária) e três doses de fertilizante mineral em uma área de produção de brócolis sob PD, foi observado que a maior produção de massa da MS ocorreu na braquiária ($11,9 \text{ t.ha}^{-1}$), enquanto que a menor produção de massa da MS ocorreu com a crotalária ($5,0 \text{ t.ha}^{-1}$) (TORRES *et al.*, 2021). Baixos níveis de precipitação e a baixa qualidade da semente de crotalária disponível na região durante o ano de realização do estudo, são os fatores que explicam a menor produção de massa da matéria seca da crotalária (TORRES *et al.*, 2015).

No entanto, a crotalária teve a maior produção de massa da matéria seca em todas as fases do Sistema plantio direto (SPD), enquanto que a braquiária apresentou a menor produção de massa da MS, durante avaliação de Nunes *et al.* (2022) que também ocorreu em Uberaba, Minas Gerais, ao avaliarem o desempenho do milho doce e verde cultivados sob resíduos de diferentes coberturas solteiras e consorciadas de braquiária, milheto e crotalária, e estádios de implantação do SPD (inicial de 1 ano, transição de 7 anos e consolidação de 19 anos). A menor produção de massa da MS da braquiária está relacionado ao seu ciclo vegetativo ser mais longo do que o ciclo da crotalária que foi manejada em plena floração, enquanto que a braquiária estava no início da floração (NUNES *et al.*, 2022).

A maior produtividade de massa da matéria seca de parte aérea dos pré-cultivos de milho (*Zea mays*), da mucuna verde (*Mucuna pruriens*) e da adubação orgânica de cobertura no cultivo do repolho sob PD, foi obtida com a mucuna verde em avaliação no município de Seropédica, Rio de Janeiro (CORDEIRO *et al.*, 2018).

A adubação verde e as plantas de cobertura, atuam na ciclagem de nutrientes, favorecendo a disponibilidade de nutrientes para a cultura seguinte, o que pode ser observado no trabalho de Torres *et al.* (2021) ao demonstrarem que o maior acúmulo e ciclagem de nutrientes nos resíduos das plantas ocorreu na sequência K>N>Ca>Mg>P>Enxofre (S) e Manganês (Mn)>Zinco (Zn)>Boro (B)>Cobre (Cu) em todos os tratamentos avaliados (braquiária, milho, crotalária, milho+crotalária e as três doses de fertilizante mineral) sob sistema de plantio direto.

O uso de plantas de cobertura leguminosas melhora a disponibilidade de N para a próxima cultura, diminuindo a necessidade de aplicação de N-mineral, tal qual observado por Vargas *et al.* (2011) ao cultivarem repolho em Viçosa, Minas Gerais, sobre a massa da parte aérea e da planta inteira de crotalária (*Crotalaria juncea*) ou feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), observaram que estes tratamentos reduziram a necessidade de adubação com N-mineral em 50%.

Outro benefício característico das plantas de cobertura é o efeito supressor sobre as plantas daninhas. Efeito esse apresentado no estudo de Souza *et al.* (2018) sobre a emergência de plantas daninhas, realizado em casa de vegetação em Florianópolis, Santa Catarina, com plantas de cobertura de inverno (aveia preta, cevada, centeio e nabo forrageiro), solteiras e consorciadas, em sistema plantio direto agroecológico de cebola, no qual observaram que os resíduos das gramíneas solteiras apresentaram capacidade de supressão da emergência de plantas daninhas nos primeiros 45 dias.

Essa capacidade de suprimir o desenvolvimento das plantas daninhas, exercida pelas plantas de cobertura ocorre através dos efeitos alelopáticos, sombreamento e competição por luz, nutrientes, água e área de solo (SOUZA *et al.*, 2018). No cultivo de abobrinha e brócolis em SPD, no estado americano de Maryland, Buchanan, Kolb e Hooks (2016) observaram que a presença de cevada (*Hordeum vulgare*), trevo carmesim (*Trifolium incarnatum*) ou cevada+trevo carmesim, reduziram a densidade de plantas daninhas em 50% e a massa da matéria seca das coberturas influenciaram negativamente a densidade das plantas daninhas e a diversidade de sementes das plantas daninhas.

A mesma capacidade sobre as plantas daninhas, conhecidas também como plantas espontâneas, foi avaliada no cultivo da alface em plantio direto sobre matéria seca de capim-congo, o efeito sobre o controle de plantas espontâneas, Hirata, Hirata e Camara (2018) observaram que o plantio direto sobre a cobertura reduziu a densidade de plantas daninhas em 3,7 vezes, em comparação ao plantio convencional.

O plantio direto faz parte do manejo agroecológico do solo. Em estudo baseado nesse manejo com o intuito de apresentar o potencial de supressão das coberturas sobre as plantas

espontâneas, realizado no município de Itaquirai, Mato Grosso do Sul, Recalde *et al.* (2015) avaliaram o potencial de coberturas de verão (crotalária (*Crotalaria juncea*), feijão-guandu (*Cajanus cajan*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*), milho (*Pennisetum glaucum*), mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) e sorgo-forrageiro (*Sorghum bicolor*)), solteiras e consorciadas, em diferentes estádios de desenvolvimento e após o seu manejo, durante 90 dias do ciclo da mandioca, observaram que as espécies de adubos verdes exerceram efeito supressor nas plantas daninhas durante o ciclo de vida e, também, nos primeiros meses após seu corte, compondo a cobertura morta.

A camada de matéria seca formada sobre o solo, proveniente das plantas de cobertura, evita que este fique exposto a ação climática. No estudo de Thomazini *et al.* (2015), ao avaliaram em Domingos Martins, Espírito Santo, os efeitos de plantas de cobertura aveia, milho, tremoço-branco e crotalária, em consórcio e solteiras em sistemas de plantio direto orgânico no cultivo do repolho e da berinjela, observaram que a maior média anual da temperatura do solo e menor média anual de teor de água, ocorreram no cultivo convencional.

O plantio direto sobre matéria seca de capim-congo cultivado com alface reduz a temperatura do solo em até 3,7°C (HIRATA; HIRATA; CAMARA, 2018). Através desses estudos é possível observar como a proteção do solo adquirida com a camada de matéria seca das plantas coberturas protege o solo da ação direta da radiação solar que aumenta a temperatura e acelera a evaporação da água do solo.

A disponibilidade de nutrientes, a proteção da superfície do solo através da camada de matéria seca proveniente da adubação verde e das plantas de cobertura, o mínimo revolvimento do solo realizado com o SPDH, entre outros benefícios, tornam o ambiente de cultivo propício para o aumento da produtividade das culturas de interesse. Conforme o trabalho de Souza *et al.* (2021) realizado no município de Ituporanga, Santa Catarina, ao avaliar o efeito do uso das coberturas cevada (*Hordeum vulgare*), aveia preta (*Avena strigosa*), centeio (*Secale cereale*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), solteiras e consorciadas, sobre a produtividade da cebola, durante oito anos em sistema de plantio direto, observaram menor produtividade da cebola ao longo dos anos na testemunha (composta apenas por plantas espontâneas). As culturas consorciadas com preparo do solo limitado às linhas de plantio aumentaram a produtividade total de cebola e a produção de cebolas à medida que o sistema se estabilizava ao longo do tempo, demonstrando assim, como a melhoria do ambiente proporcionada pelo SPDH, beneficia a produtividade da hortaliça.

A presença de cevada, trevo carmesim ou cevada+trevo carmesim sob SPD, influenciaram positivamente o rendimento da abobrinha, no entanto não influenciou no rendimento do brócolis (BUCHANAN; KOLB; HOOKS, 2016).

Os benefícios provenientes do SPDH para a produtividade da hortaliça, também foram observados no estudo, realizado no município de Alpestre, Rio Grande do Sul, por Girardello *et al.* (2017) ao avaliarem a produção de alface em SPDH, quando observaram maior produção de massa fresca da alface sobre o consórcio aveia preta+ervilhaca, em relação à testemu-

nha. A maior altura das plantas de alface foi obtida nos tratamentos ervilhaca comum, aveia preta+ervilhaca e aveia preta+tremoço branco, em relação à testemunha.

Conforme o SPD se consolida melhores serão os resultados produtivos, conforme observado por Nunes *et al.* (2022), quando observaram que produtividade de milho doce em áreas de transição e consolidação do SPD apresentou melhores rendimentos quando comparado à fase inicial do sistema, cultivados sob resíduos de diferentes coberturas solteiras e consorciadas de braquiária, milheto e crotalária, e estádios de implantação do SPD.

No cultivo do brócolis, utilizando a braquiária, crotalária e milheto, além de três doses de fertilizante mineral, sob SPD, Torres *et al.* (2021) observaram que a maior produtividade, maiores valores de diâmetro do caule (Dcau) e diâmetro de cabeça (Dcab) do brócolis foram observados em 100% da dose de adubo mineral e sobre os resíduos de crotalária ou na mistura de milheto+crotalária.

De acordo com o estudo de Hirata, Hirata e Camara (2018) ao avaliarem no município de Presidente Prudente, São Paulo, a adaptabilidade de cultivares de alface ao plantio direto sobre matéria seca de capim-congo (*Urochloa ruziziensis*), observaram que em comparação ao plantio convencional, o plantio direto de alface sobre a MS resultou em produtividade menor no primeiro cultivo, em razão do excesso de MS; em produtividade semelhante, no segundo cultivo; e produtividade superior, no terceiro cultivo. A menor produtividade da alface em razão do excesso de MS, ocorreu pois a hortaliça foi plantada poucos dias após o manejo da cobertura de capim-congo, e a degradação da raiz e da parte aérea desta gramínea limitou o crescimento da alface.

A produtividade do repolho na palhada da mucuna verde foi maior do que a produtividade encontrada na palhada do milho e não houve ganho adicional na produtividade da cobertura com o composto orgânico, durante estudo de Cordeiro *et al.* (2018) ao observarem o efeito de duas populações de milho quanto à produtividade de “minimilho”, determinando a contribuição dos pré-cultivos de milho, da mucuna verde e da adubação orgânica de cobertura, no desempenho do repolho sob PD.

No cultivo de melão amarelo, com plantas de cobertura milho solteiro e milho consorciado com mucuna-preta, realizado em Brasília, Distrito Federal, sob os manejos de solo plantio direto PD, Plantio em preparo reduzido (PPR) e plantio convencional PC, foi observado que os incrementos na produtividade e no número médio de frutos de melão produzidos em PD foram de 61,5 e 61,2 $t.ha^{-1}$ no primeiro e segundo ciclo, respectivamente e no PPR foram de 59,7 e 57,5 $t.ha^{-1}$ no primeiro e segundo ciclo, respectivamente (LIMA *et al.*, 2017).

Em Uberaba, Minas Gerais, das coberturas utilizadas braquiária, milheto e crotalária, a braquiária e a crotalária se destacaram quanto a produtividade e características agrônômicas da couve-flor, sob PD, enquanto que, a produtividade e as características agrônômicas do repolho, sob PD, para diâmetro da cabeça, diâmetro do caule e diâmetro horizontal, massa da matéria fresca e massa da matéria seca da cabeça, ocorreu sobre os resíduos da braquiária (TORRES *et al.*, 2015).

4.3 Benefícios da adoção do SPDH nos atributos de solo

4.3.1 Atributos Químicos

Através do SPDH ocorre a melhoria da qualidade química do solo, aumenta a disponibilidade de nutrientes, reduz o uso de fertilizantes minerais, aumenta a CTC, carbono orgânico total (COT), Nitrogênio total (NT) e entre outros benefícios que são apresentados através de alguns estudos como o estudo de Loss *et al.* (2020) que ao avaliarem, os efeitos do cultivo de plantas de cobertura (verão: milho, milheto, mucuna, girassol, milheto+mucuna+girassol, feijão-de-porco, crotalária; inverno: ervilhaca, centeio, nabo, aveia, aveia+centeio, nabo+centeio, aveia+nabo+aveia+nabo+centeio) sobre os atributos químicos do solo no cultivo da cebola em SPD e PC, em Ituporanga, Santa Catarina, em solo classificado como Cambissolo Húmico Distrófico, observaram que o revolvimento do solo e a sucessão milho/cebola em PC reduz os teores de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) quando comparado ao SPD com o uso de plantas de cobertura. O uso de mucuna preta e centeio em sucessão à cebola aumenta os teores de COT e NT quando comparado com a rotação ou sucessão com somente gramíneas ou somente leguminosas.

Os maiores teores de COT ocorreram no PD com a matéria seca de milho. Os sistemas com preparo reduzido foram inferiores ao plantio direto com mucuna nos teores de ácido húmico (CAH) e ao preparo convencional nos teores de carbono das frações ácido fúlvico (CAF). O uso do preparo convencional apresentou os menores valores de humina (CHUM) na profundidade de 0,05-0,10 *m*. Entre as frações oxidáveis, o PD foi superior ao PC na profundidade 0,0-0,05 *m* e não ocorreu diferenças entre esses sistemas nas demais profundidades estudadas com diferentes formas de manejo do solo e coberturas de milho e consórcio milho e mucuna na dinâmica da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho distrófico (SOUZA *et al.*, 2014).

No Distrito Federal, os maiores valores de CTC e teores de carbono orgânico total ocorreram no PPR, quando comparados com o PD e PC, na produção de hortaliças em um Latossolo Vermelho Distrófico, com plantas de cobertura milho solteiro e o milho consorciado com a mucuna preta (LIMA *et al.*, 2017).

Ao avaliarem na área rural do Gama, Distrito Federal, os COT e das frações granulométricas da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho cultivado com hortaliças, sob os sistemas de manejo SPD, PPR e SPC e de cultivo de plantas de cobertura milho solteiro e milho consorciado com mucuna-cinza, Lima *et al.* (2016) observaram que os SPD e de preparo reduzido são mais eficientes em acumular C na camada do solo de 0,00–0,30 *m*. Os teores de carbono orgânico particulado (COP) sofrem forte influência da incorporação dos resíduos das plantas de cobertura, a estabilização da matéria orgânica na forma de carbono orgânico associado a minerais (COAM) é importante para a manutenção de maiores teores de carbono orgânico total e as correlações significativas e negativas entre COP e COAM, nas três camadas avaliadas,

indicam a possível ocorrência do efeito "*priming*", possivelmente relacionado à incorporação de matéria orgânica lábil ao solo.

Segundo Lima *et al.* (2017) ao cultivarem hortaliças sob as coberturas milho solteiro e milho consorciado com a mucuna-preta, observaram que na camada de 0,00-0,05 m o PPR e PC apresentaram maiores valores de pH e teor de K. Nesta mesma camada o plantio direto e o PPR, mostraram os maiores teores de P e Ca^{2+} e maior CTC. O plantio direto, na camada de 0,00-0,05 m, apresentou o maior valor de H+Al. Na camada de 0,05-0,10 m, o PPR teve maior valor de pH e teores de Mg^{2+} e o plantio direto e convencional apresentaram maior acidez potencial.

Segundo Melo *et al.* (2016), ao compararem o SPD com o SPC na cultura do repolho sob cobertura de milho, foi observado que o SPD é capaz de interferir na dinâmica e manutenção da MO do solo, aumentar os valores de matéria orgânica leve (matéria orgânica leve (MOL)), C, N, estoque de C, C orgânico particulado e associado a minerais, frações húmicas e oxidáveis.

Ao avaliarem os efeitos de plantas de cobertura (aveia, milho, tremoço branco e crotalária) solteiras e consorciadas, em sistemas de plantio direto orgânico sobre a matéria orgânica do solo do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo e emissões de $CO_2 - C$, com cultivo de repolho e berinjela, foi observado que o maior estoque de C registrado ocorreu no consórcio de leguminosa e gramínea, os menores valores de C lábil ocorreram no plantio convencional e o maior valor de C recalitrante ocorreu no tratamento consorciado (THOMAZINI *et al.*, 2015).

De acordo com Loss *et al.* (2020) no SPD na sucessão milho/cebola aumenta os teores de COT, NT, Ca e CTC na superfície do solo em comparação ao SPC. A rotação de milheto e aveia e centeio para produção de cebola no SPD aumenta os teores de Ca e a CTC do solo em profundidade, sendo a mais eficiente. O uso de mucuna preta e centeio em sucessão a cebola incrementa os atributos químicos do solo em comparação aos tratamentos com ausências de plantas de coberturas.

No estudo de Loss *et al.* (2015) realizado em Ituporanga, Santa Catarina, com solo do tipo Cambissolo Húmico ao quantificar os teores de carbono orgânico total (COT) sob cultivo de cebola em SPDH e SPC, comparados a uma área de mata adjacente, concluíram que o uso de plantas de cobertura (aveia, centeio, nabo-forrageiro, nabo-forrageiro+centeio, nabo-forrageiro+aveia, cevada), no sistema de plantio direto foi eficiente para recuperar e aumentar os teores de COT.

Ao avaliarem o efeito das plantas de cobertura (aveia preta, centeio, nabo forrageiro) solteiras e consorciadas, uma testemunha com plantas espontânea e uma lavoura em cultivo convencional, sobre o carbono orgânico total do solo do tipo Cambissolo Húmico Distrófico e glomalina em áreas com cultivo de cebola em SPD e sistema de PC, comparando com uma floresta adjacente no município de Ituporanga, Santa Catarina, observaram que as áreas de preparo convencional apresentou o menor volume de carbono orgânico agregado, além de apresentarem a glomalina total mais baixa e facilmente extraível. As áreas com as plantas de cobertura apresentaram teores de carbono orgânico maiores do que as áreas de preparo convencional.

Os maiores valores e melhor extração de glomalina ocorreram nas parcelas com aveia preta (BORTOLINI *et al.*, 2021).

Os atributos químicos do solo, com exceção do K trocável, P disponível e valores de saturação da $CTC_{pH7,0}$ por bases não foram afetados pelo cultivo de plantas de cobertura cevada, aveia-preta, centeio, nabo-forrageiro, centeio + nabo-forrageiro, aveia-preta+nabo-forrageiro no cultivo de cebola em solo do tipo Cambissolo Húmico Distrófico em SPD agroecológico em Ituporanga, Santa Catarina (SOUZA *et al.*, 2013).

Os melhores resultados para os atributos químicos são obtidos após a consolidação do SPDH, a qual pode ser observado no estudo de Oliveira *et al.* (2017) realizado no município de Mossoró, Rio Grande do Norte, ao avaliarem as propriedades nutricionais do solo do tipo Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico, no consórcio de beterraba e rúcula, em função de quatro quantidades de flor-de-seda incorporadas ao solo, observaram que o melhor desempenho nutricional foi registrado na segunda época de coleta do solo.

A colheita da cebola e a deposição de resíduos de aveia preta, centeio e nabo consorciados melhoraram e mantiveram as propriedades químicas do solo do tipo Cambissolo Húmico Distrófico, sem o uso de defensivos agrícolas e fertilizantes minerais solúveis em sistema de plantio direto (SOUZA *et al.*, 2021).

No estudo realizado no município de Domingos Martins, Espírito Santo, durante avaliação da influência das plantas de cobertura aveia preta e tremoço branco, cultivadas de forma solteira e consorciadas, sobre os atributos químicos do solo do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico argiloso com milho verde orgânico sob plantio direto, Favarato *et al.* (2015) observaram que os tratamentos sob manejo orgânico proporcionaram incrementos nos valores de pH, P, K e Ca, no entanto, nesse estudo as plantas de cobertura não alteraram os atributos químicos do solo e apresentaram comportamento semelhante entre si.

No entanto, Souza e Guimarães (2013) encontraram comportamentos semelhantes entre a testemunha (apenas com adubação de base com composto orgânico) e pré-cultivos de milho e crotalária e pré-cultivos de aveia preta e tremoço branco em todas as épocas observadas para os atributos da fertilidade do solo do tipo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico argiloso após implantação do SPDH. Esse comportamento ocorreu justamente pela testemunha se tratar de cultivo orgânico adubado com composto, que proporciona um equilíbrio na fertilidade assim como os sistemas de plantio direto sobre MS de adubos verdes.

4.3.2 Atributos Físicos

A matéria orgânica formada através do SPDH melhora a agregação, o equilíbrio poroso, evita compactação, e erosão, reduz a evaporação de água, melhorando os atributos físicos do solo, tal como o demonstrado por Loss *et al.* (2017) que em Ituporanga, Santa Catarina, avaliaram os atributos físicos do solo do tipo Cambissolo Húmico no cultivo de cebola sob sistemas de plantio direto e preparo convencional, comparados à área de floresta secundária e utilização

de plantas de cobertura aveia, centeio e nabo forrageiro, solteiras e consorciadas. Os autores verificaram que os índices de agregação, a porosidade total e a umidade volumétrica aumentaram com o SPDH em comparação ao SPC, e igualou-se aos índices de agregação em relação à área de mata. Observaram, também, que o nabo solteiro e consorciado com aveia e centeio melhorou os atributos físicos do solo em comparação com o SPC.

Em outro estudo de Loss *et al.* (2015) ao avaliarem os índices de agregação do solo e a distribuição dos agregados por classes de diâmetro sob cultivo de cebola sob as coberturas aveia, centeio e nabo forrageiro, solteiras e consorciadas, em SPDH e SPC, comparados a uma área de mata adjacente, concluíram que o uso de plantas de cobertura no sistema de plantio direto foi eficiente para recuperar e aumentar os índices de diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de sensibilidade (IS) em relação ao sistema de preparo convencional. Observaram também que o nabo forrageiro elevou a agregação do solo (DMG e IS) na camada de 0,10-0,20 m, em relação aos demais tratamentos com plantas de cobertura e o SPDH com plantas de cobertura aumentou a formação de macroagregados estáveis em água, com posterior elevação do DMP, DMG e IS.

Ao avaliarem o efeito das plantas de cobertura aveia preta, centeio e nabo forrageiro, solteiras e consorciadas, uma testemunha com plantas espontânea e uma lavoura em cultivo convencional, sobre a agregação do solo do tipo Cambissolo Húmico, cultivado com cebola em sistema plantio direto (SPD) e sistema de plantio convencional (PC), comparando com uma floresta adjacente, Bortolini *et al.* (2021) observaram que as áreas de preparo convencional apresentaram os menores agregados e as áreas com as plantas de cobertura apresentaram maiores massa macroagregada do que as áreas de preparo convencional.

O cultivo de repolho e berinjela sob PC apresenta os menores valores de microporosidade e a maior macroporosidade, seguido por densidade do solo mais baixa em comparação ao PD com o uso das coberturas aveia, milho, tremoço branco e crotalária, solteiras e consorciadas (THOMAZINI *et al.*, 2015).

Em avaliação de Souza, Madeira e Figueiredo (2014) realizada em Brasília, Distrito Federal, ao avaliarem as perdas por erosão hídrica, sob chuva natural, de solo, água e nutrientes em um Latossolo Vermelho distrófico cultivado com hortaliças sob cobertura de milho, nos sistemas de manejo PD, PPR e PC, ambos cultivados com repolho, verificaram que o PD apresentou menor taxa de perda de água, com redução de 90%, quando comparado ao PC. Observaram, também que no PD e PPR as perdas de solo foram menores que no PC. No entanto, as taxas de empobrecimento de P e K foram maiores nos sistemas conservacionistas (PD e PPR), demonstrando assim como as praticas do SPDH melhoram as características físicas do solo.

4.3.3 Atributos Biológicos

A matéria orgânica, formada através da implantação do SPDH, proporciona ao solo o aumento da biodiversidade de organismos e microrganismos que promovem a ciclagem de nu-

trientes, a decomposição da matéria orgânica e a diminuição de fitopatógenos (BATISTA et al., 2013). Essa melhoria dos atributos biológicos são demonstrados através do estudo de Oliveira et al. (2017) ao avaliarem as propriedades microbiológicas do solo, no consórcio de beterraba e rúcula, em função de quatro quantidades de flor-de-seda incorporadas ao solo, quando observaram que o melhor desempenho microbiológico ocorreu na segunda época de coleta do solo na quantidade e o número total de fungos e bactérias do solo aumentou com as quantidades crescentes da flor-de-seda incorporadas ao solo.

No entanto, em avaliação no município de Ituporanga, Santa Catarina, dos efeitos de plantas de cobertura cevada, centeio e nabo forrageiro, solteiras e consorciadas, sobre o carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal (RB), quociente metabólico (qCO₂) e atividade das enzimas urease, β -glucosidase e diacetato de fluoresceína (FDA), durante o cultivo da cebola, em solo do tipo Cambissolo Húmico Distrófico, SOUZA et al., 2020 observaram que não houve diferenças significativas entre os tratamentos para CBM e RB, e os maiores valores para esses atributos ocorreram no estágio inicial das plantas de cobertura pois nesse estágio as coberturas estavam em diferentes estágios fenológicos, produzindo altas taxas de exsudato radiculares, sendo grande fonte de carbono para os microrganismos.

Os autores Souza *et al.* (2020) observaram, nesse estudo, que o qCO₂ não foi afetado por nenhum tratamento, no entanto, variou entre os períodos de amostragem, indicando um ambiente de baixo ou nenhum estresse. Observaram, também, que as plantas de cobertura não influenciaram significativamente a atividade enzimática, mas o FDA foi reduzido em áreas com cultivos solteiros de cevada ou centeio.

Os menores valores do CBM ocorreram nos sistemas de PC, demonstrando que são sensíveis ao revolvimento do solo. Entre as frações oxidáveis, o PD foi superior ao PC na profundidade 0,0-0,05 *m* e não ocorreu diferenças entre esses sistemas nas demais profundidades durante a avaliação a influência do PD, do PPR e do PC, e as coberturas de milho e milho+mucuna na dinâmica da matéria orgânica do solo cultivado com hortaliças (SOUZA *et al.*, 2014).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que nos últimos 10 anos a maioria dos trabalhos desenvolvidos foram focados na qualidade química solo, enquanto que para a qualidade física e biológica poucos trabalhos foram encontrados.

A pesquisa demonstrou que o uso da adubação verde e das plantas de cobertura, e a adoção do SPDH proporciona inúmeros benefícios aos sistemas de produção de hortaliças aumentando a produtividade e principalmente melhorando os atributos de solo.

Nota-se, também, através da pesquisa que o desenvolvimento e adoção do SPDH vem crescendo em diferentes regiões brasileiras.

No entanto, a quantidade de trabalhos voltados para o SPDH ainda é pouco expressivo quando comparado às *commodities*, sendo assim, necessário o desenvolvimento de mais pesquisas voltadas ao SPDH, assim como um trabalho junto com a comunidade de produtores, para que as áreas cultivadas com esse sistema sustentável aumente.

REFERÊNCIAS

- ANDRIOLO, J. L. **Olericultura Geral**. Santa Maria: Fundação de Apoio a Tecnologia e Ciencia - Editora UFSM, 2017. v. 3. ISBN 978-85-7391-258-6.
- BORTOLINI, J. G. *et al.* Soil Carbon, Glomalin, And Aggregation in Onion Crop Under No-Tillage with Cover Crops or Conventional Tillage Systems for Eight Years. **Journal of Agricultural Studies**, v. 9, n. 2, p. 130–150, 2021. ISSN 2166-0379. Disponível em: <https://www.macrothink.org/journal/index.php/jas/article/view/18196>. Acesso em: 01 ago. 2021.
- BUCHANAN, A. L.; KOLB, L. N.; HOOKS, C. R. Can winter cover crops influence weed density and diversity in a reduced tillage vegetable system? **Crop Protection**, v. 90, p. 9–16, 2016. ISSN 02612194. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S026121941630206X>. Acesso em: 01 dez. 2021.
- CASTRO, N. E. A. d. *et al.* Plantas de cobertura no controle da erosão hídrica sob chuvas naturais. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 5, 2011. ISSN 1981-3163. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/11704>. Acesso em: 01 ago. 2021.
- CIACCIA, C. *et al.* Ecological service providing crops effect on melon-weed competition and allelopathic interactions. **Organic Agriculture**, v. 5, n. 3, p. 199–207, 2015. ISSN 1879-4246. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13165-014-0088-9>. Acesso em: 10 maio 2021.
- CORDEIRO, A. A. S. *et al.* Organic cabbage growth using green manure in pre-cultivation and organic top dressing fertilization. **Horticultura Brasileira**, v. 36, n. 4, p. 515–520, 2018. ISSN 1806-9991, 0102-0536. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362018000400515&lng=en&tlng=en. Acesso em: 10 maio 2021.
- FAVARATO, L. F. *et al.* Atributos químicos do solo com diferentes plantas de cobertura em Sistema de Plantio Direto Orgânico. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 15, n. 2, p. 10, 2015. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/12953/3/312-645-1-PB.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2021.
- FAYAD, J. A. *et al.* **Sistema de Plantio Direto de Hortaliças: Método de transição para um novo modo de produção**. Florianópolis: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), 2019. v. 2. ISBN 978-85-7743-365-0.
- FERREIRA, L. B. *et al.* Organic carbon and nitrogen contents and their fractions in soils with onion crops in different management systems. **Soil Research**, v. 56, n. 8, p. 846, 2018. ISSN 1838-675X. Disponível em: <http://www.publish.csiro.au/?paper=SR18167>. Acesso em: 01 jan. 2022.
- FUENTES-LLANILLO, R. *et al.* Expansion of no-tillage practice in conservation agriculture in Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 208, p. 104877, 2021. ISSN 01671987. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167198720306590>. Acesso em: 01 jan. 2022.
- GIRARDELLO, R. *et al.* Produção de alface sob plantio direto em sistema de transição agroecológica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 2, p. 273, 2017. ISSN 1981-8203. Disponível em: <http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/4827>. Acesso em: 03 set. 2021.
- HIRATA, A. C. S.; HIRATA, E. K.; CAMARA, J. A. R. Adaptability of lettuce cultivars to planting in no-tillage on straw of *Urochloa ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 7,

- p. 824–832, 2018. ISSN 1678-3921, 0100-204X. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2018000700824&lng=en&tlng=en. Acesso em: 03 set. 2021.
- LIMA, C. E. P. *et al.* Productivity and quality of melon cultivated in a protected environment under different soil managements. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 576–583, 2017. ISSN 1806-9991, 0102-0536. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362017000400576&lng=en&tlng=en. Acesso em: 05 ago. 2021.
- LIMA, C. E. P. *et al.* Compartimentos de carbono orgânico em Latossolo cultivado com hortaliças sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 4, p. 378–387, 2016. ISSN 0100-204X. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2016000400378&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 02 jun. 2021.
- LIMA, C. E. P. *et al.* Management Systems Effect on Fertility Indicators of a Ferralsol with Vegetable Crops, as Determined by Different Statistical Tools. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, n. 0, 2017. ISSN 0100-0683. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832017000100527&lng=en&tlng=en. Acesso em: 02 dez. 2021.
- LIMA FILHO, O. F. d. *et al.* **Adução verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. [S.l.]: Embrapa, 2014.
- LOSS, A. *et al.* Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 4, p. 1212–1224, 2015. ISSN 0100-0683. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832015000401212&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 03 set. 2021.
- LOSS, A. *et al.* Efeito da sucessão ou rotação de culturas sobre a fertilidade do solo após sete anos de cultivo com cebola. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 16587–16606, 2020. ISSN 25258761, 25258761. Disponível em: <http://www.brjcd.com.br/index.php/BRJD/article/view/8323/7182>. Acesso em: 01 maio 2021.
- LOSS, A. *et al.* Atributos físicos do solo em cultivo de cebola sob sistemas de plantio direto e preparo convencional. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 11, n. 1, p. 105–113, 2017. ISSN 2422-3719, 2011-2173. Disponível em: http://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/6144. Acesso em: 30 maio 2021.
- MADEIRA, N. R. Avanços tecnológicos no cultivo de hortaliças em sistema de plantio direto. In: **Anais do 49º Congresso Brasileiro de Olericultura [CD-ROM]**. [S.l.: s.n.], 2009. v. 27, p. 4036–4037.
- MADEIRA, N. R. *et al.* Cultivo do tomateiro em Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH). p. 31, 2019. ISSN 1415-3033. Publisher: Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2019. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1111562>.
- MASSON, I.; ARL, V.; WUERGES, E. W. Trajetória, concepção metodológica e desafios estratégicos junto ao sistema de plantio direto de hortaliças (SPDH). **Sistema de plantio direto de hortaliças**, p. 25–38, 2019.
- MELO, G. B. *et al.* Estoques e frações da matéria orgânica do solo sob os sistemas plantio direto e convencional de repolho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1511–1519, 2016. ISSN 0100-204X. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2016000901511&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 01 maio 2021.

NASCENTE, A. S.; STONE, L. F.; CRUSCIOL, C. A. C. Soil chemical properties affected by cover crops under no-tillage system. **Revista Ceres**, v. 62, n. 4, p. 401–409, 2015. ISSN 0034-737X. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2015000400401&lng=en&tlng=en. Acesso em: 20 maio 2021.

NUNES, D. O. *et al.* Green and sweet corn grown under different cover crops and phases of the no-tillage system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 3, p. 173–179, 2022. ISSN 1807-1929, 1415-4366. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662022000300173&tlng=en. Acesso em: 15 abr. 2022.

OLIVEIRA, K. J. B. d. *et al.* Propriedades nutricionais e microbiológicas do solo influenciadas pela adubação verde. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 23–33, 2017. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/16424/13377>. Acesso em: 2022-01-12.

RECALDE, K. M. G. *et al.* Weed suppression by green manure in an agroecological system. **Revista Ceres**, v. 62, n. 6, p. 546–552, 2015. ISSN 0034-737X. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2015000600546&lng=en&tlng=en. Acesso em: 10 jan. 2022.

ROBAČER, M. *et al.* Cover crops in organic field vegetable production. **Scientia Horticulturae**, v. 208, p. 104–110, 2016. ISSN 03044238. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304423815303514>. Acesso em: 05 dez. 2021.

SILVA, D. M. N. d. *et al.* Organic cultivation of okra with ground cover of perennial herbaceous legumes. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 450–456, 2013. ISSN 0102-0536. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362013000300017&lng=en&tlng=en. Acesso em: 23 ago. 2021.

SOUZA, C. d. *et al.* Adubação verde e rotação de culturas. **Viçosa: Ed. UFV**, 2012.

SOUZA, J. L.; GUIMARÃES, G. P. Rendimento de massa de adubos verdes e o impacto na fertilidade do solo em sucessão de cultivos orgânicos. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 6, 2013. ISSN 1981-3163. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/21931>. Acesso em: 15 jul. 2021.

SOUZA, M. *et al.* Matéria seca de plantas de cobertura, produção de cebola e atributos químicos do solo em sistema plantio direto agroecológico. **Ciência Rural**, v. 43, n. 1, p. 21–27, 2013. ISSN 1678-4596. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782013000100004&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 19 maio 2021.

SOUZA, M. *et al.* Weed Emergence in a Soil with Cover Crops in an Agroecological No-Tillage System. **Planta Daninha**, v. 36, n. 0, 2018. ISSN 1806-9681, 0100-8358. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582018000100265&lng=en&tlng=en. Acesso em: 09 set. 2021.

SOUZA, M. *et al.* Soil chemical properties and yield of onion crops grown for eight years under no-tillage system with cover crops. **Soil and Tillage Research**, v. 208, p. 104897, 2021. ISSN 01671987. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167198720306796>.

SOUZA, M. *et al.* Microbial activity in soil with onion grown in a no-tillage system with single or intercropped cover crops. **Ciência Rural**, v. 50, n. 12, 2020. ISSN 1678-4596, 0103-8478. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782020001200251&tlng=en. Acesso em: 18 jan. 2022.

- SOUZA, R. F. d. *et al.* Effect of management systems and cover crops on organic matter dynamics of soil under vegetables. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, p. 923–933, jun. 2014. ISSN 0100-0683. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832014000300024&lng=en&tlng=en. Acesso em: 17 set. 2021.
- SOUZA, R. F. d.; MADEIRA, N. R.; FIGUEIREDO, C. C. de. Perdas de solo, água e nutrientes em área cultivada com hortaliças sob sistema de plantio direto. **Cientific@-Multidisciplinary Journal**, v. 1, n. 1, p. 38–50, 2014. Disponível em: <http://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/cientifica/article/view/773/746>. Acesso em: 11 set. 2021.
- THOMAZINI, A. *et al.* Impact of organic no-till vegetables systems on soil organic matter in the Atlantic Forest biome. **Scientia Horticulturae**, v. 182, p. 145–155, 2015. ISSN 03044238. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030442381400675X>. Acesso em: 30 set. 2021.
- TIMOSSI, P. C. *et al.* Supressão de plantas daninhas e produção de sementes de crotalaria, em função de métodos de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 4, 2011. ISSN 1983-4063. Disponível em: <http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/11603>. Acesso em: 08 set. 2021.
- TORRES, J. L. *et al.* Desenvolvimento e produtividade de couve-flor e repolho influenciados por tipos de cobertura do solo. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 4, p. 510–514, 2015. ISSN 0102-0536. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362015000400510&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 12 dez. 2021.
- TORRES, J. L. R. *et al.* Nutrient cycling of different plant residues and fertilizer doses in broccoli cultivation. **Horticultura Brasileira**, v. 39, n. 1, p. 11–19, 2021. ISSN 1806-9991, 0102-0536. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362021000100011&tlng=en. Acesso em: 12 dez. 2021.
- VALARINI, P. J. *et al.* Qualidade do solo em sistemas de produção de hortaliças orgânico e convencional. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 485–491, 2011. ISSN 0102-0536. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362011000400007&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 03 set. 2021.
- VARGAS, T. d. O. *et al.* Influência da biomassa de leguminosas sobre a produção de repolho em dois cultivos consecutivos. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 562–568, 2011. ISSN 0102-0536. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362011000400020&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 07 maio 2021.
- WILDNER, L. d. P. Adubação verde: conceitos e modalidades de cultivo. **Adubação verde e plantas de cobertura: Fundamentos e Práticas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica**, v. 2, p. 19–44, 2014.