



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AGROECOSSISTEMAS

André Costabile Silva Di Gregório

**Sistema de plantio direto e adubação orgânica melhoram a fertilidade do solo e a
produtividade de repolho ao longo do tempo**

Florianópolis - SC

2022

André Costabile Silva Di Gregório

Sistema de plantio direto e adubação orgânica melhoram a fertilidade do solo e a produtividade de repolho ao longo do tempo

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de mestre em Agroecossistemas.

Orientador: Prof. Dr. Jucinei José Comin

Co-orientador: Dr. Rafael Ricardo Cantu

Coordenador: Prof. Dr. Arcângelo Loss

Florianópolis - SC

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Gregório, André Costabile Silva Di
Sistema de plantio direto e adubação orgânica melhoram a
fertilidade do solo e a produtividade de repolho ao longo do
tempo/ André Costabile Silva Di Gregório; orientador, Jucinei
José Comin; co-orientador, Rafael Ricardo Cantu, 2022.
57 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós
Graduação em Agroecossistemas, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1.Plantio direto de hortaliças. 2. Adubação orgânica. 3.
Saturação por bases. 4. Saturação por alumínio. 5. Análise
das Componentes Principais. I. Comin, Jucinei José. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós
Graduação em Agroecossistemas. III. Título.

André Costabile Silva Di Gregório

Sistema de plantio direto e adubação orgânica melhoram a fertilidade do solo e a produtividade de repolho ao longo do tempo

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Arcângelo Loss, Dr.

UFSC

Eng^o. Euclides Schallenberger, Dr.

EPAGRI

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Agroecossistemas

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof.(a) Jucinei José Comin, Dr.(a)

Orientador(a)

Rafael Ricardo Cantu, Dr.(a)

Co-orientador(a)

Florianópolis, 2022.

Dedico essa pesquisa a minha família, esposa Andrea Caroline e aos nossos três filhos, Lucas, Yasmin e Emanuel Porã, por sempre me acompanharem em todos momentos e por hoje estarmos vivendo tempos sublimes. Também registro agradecimento ao movimento mundial de conscientização ambiental, em especial a todos que buscam viver com respeito e gratidão a natureza. Por fim agradeço as pessoas e as estruturas públicas de alta qualidade que compõem O Projeto Hortaliças – Produção Orgânica e Sustentável de Hortaliças da Estação Experimental da Epagri de Itajaí (EEI) e todo Programa Pós-Graduação em Agroecossistemas da UFSC, instituições estas genuinamente comprometidas com a sociedade e o com meio ambiente.

AGRADECIMENTOS

A minha esposa Andrea Caroline que a quase dezenove anos tem sido uma companheira brilhante e motivadora. A minha mãe Ana Matilde que dedicou boa parte de sua vida a educação, me dando seu exemplo e suporte. A meu pai Geraldo, por termos, cada um cedendo um pouco, superado nossas divergências e por hoje nos apoiarmos mutuamente. A Marina por estar positivamente aberta a um novo momento. A meu irmão e sua querida família por sempre se fazerem presentes.

Aos professores Jucinei José Comin e Arcângelo Loss, pelas orientações e experiências práticas em campo que foram enriquecedoras e também divertidas. Por serem pessoas que tenho como referência, quanto a dedicação profissional em cargo público, assim como, pela vontade de transformar o mundo num lugar melhor.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), Estação Experimental de Itajaí (EEI), a todos os servidores que desenvolvem e mantêm os experimentos de agroecologia, em especial, aos pesquisadores e extensionistas e Dr. Rafael Ricardo Cantu, Dr. Euclides Schallenger e Dr. Marcos Lima Campos do Vale, que igualmente aos professores mencionados são referências em comprometimento.

Aos amigos e colegas da UFSC: Igor, Thiago, Lucas, Bárbara, Guilherme, Fabiola, Regiane e tantos outros que inspiram e contribuem no sentido de somar esforços em direção de uma sociedade mais justa e ambientalmente equilibrada.

Aos amigos os irmãos Andy e Alexandre Deschamps e a Bruna que sempre foram continuam sendo acolhedores, e desde que estão na ilha, criaram um lugar para alinhar as ideias e viver o presente em harmonia.

Ao programa de Pós-graduação em Agroecossistemas (PGA), por ter uma proposta vital para sociedade contemporânea, por contar com um corpo administrativo e docente de alta qualidade e por gerar mestres e doutores de excelência, capazes de contribuir para transformar a sociedade ao nosso redor em um local melhor de viver. Faço um registro de agradecimento a secretaria do PGA Fabiana Dassoler, por sempre atender com gentileza e atenção.

A Universidade Federal de Santa Catarina, por ser de extrema importância para a construção de uma sociedade melhor e mais igualitária.

“Só se rendem às circunstâncias aqueles que não se dispõem a transformá-las.”

MARINA SILVA

RESUMO

Grande parte do cultivo de hortaliças é realizado por meio utilizado do Sistema de Preparo Convencional (SPC) do solo, o que gera prejuízos à qualidade do solo além da dependência de agroquímicos. Na busca por sistemas de produção sustentáveis, estudos mostram que o Sistema de Plantio Direto (SPD) de hortaliças vem se tornando uma opção consistente. As hortaliças são amplamente utilizadas na alimentação humana como fonte de nutrientes e fibras, além de que no Brasil essas culturas são majoritariamente cultivadas por agricultores familiares. O objetivo geral deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes sistemas de manejo do solo e fontes de adubação sobre indicadores químicos do solo e de produtividade do repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*). O experimento foi desenvolvido entre 2006 a 2016 na Estação experimental da EPAGRI em Itajaí/SC, e contou com cinco tratamentos, sendo eles: T1- SPD com utilização de plantas de cobertura (crotalária ou feijão de porco no verão e aveia consorciada com ervilhaca no inverno) com adubação orgânica (composto de capim elefante e cama de aviário); T2 - SPD em área com vegetação espontânea e com adubação orgânica; T3 - SPD com cobertura de palha em toda área, permanecendo assim até a colheita (palha de arroz e capim elefante triturado) e adubação orgânica; T4 - SPC com adubação orgânica aplicada em sulco de 30 cm de largura; T5 - SPC com adubação química (ureia, cloreto de potássio e superfosfato triplo), em sulco de 30 cm de largura, aos 15 e 35 dias após o plantio, e aplicação de ureia de cobertura na formação da cabeça de repolho. O adubo orgânico utilizado foi composto de capim elefante (*Pennisetum purpureum*) com cama de aviário nos tratamentos T1, T2 e T4 e composto de palha de arroz (*Oriza sativa*) com cama de aviário no tratamento T3. Em oito anos foram executadas análises químicas do solo aferindo pH, P, K, MO, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn, Fe, CTC_{pH7}, Al%, e V%, assim como registrada a produtividade do repolho. Os resultados foram analisados pela redução da dimensionalidade dos dados e Análise das Componentes Principais (ACP), com teste dos efeitos do modelo estatístico e comparação das curvas de tendências. A ACP separou os tratamentos em três grupos, sendo estes, grupo dos tratamentos com adubação orgânica, do tratamento com adubação química e do tratamento com adubação orgânica e adição de palhada de arroz. Os manejos sob SPD elevaram os indicadores de fertilidade do solo CTC_{pH7}, V%, Mg e a produtividade de repolho, com destaque para o tratamento T3. Já o SPC teve uma melhora de indicadores de qualidade do solo apenas no tratamento com adubação orgânica, enquanto o tratamento com adubação química sofreu processo de acidificação do solo demonstrado pelos parâmetros pH, Al% e Mn e redução da produtividade. A pesquisa demonstrou que o SPD melhora a qualidade do solo e aumenta o rendimento do repolho ao longo do tempo.

Palavras-chave: Plantio direto de hortaliças; Adubação orgânica; Saturação por bases; Saturação por alumínio; Análise das Componentes Principais.

ABSTRACT

Currently, the Conventional Preparation System (CPS) of the soil is generally used for cultivating vegetables, which causes damage to the quality of the soil in addition to the dependence on agrochemicals. Searching for sustainable production systems, studies have shown that the Direct Plantation System (DPS) of vegetables has become a consistent option. Vegetables are widely used in human food as a source of nutrients and fiber, and in Brazil these crops are mostly grown by family farmers. The general objective of this study was to evaluate the effect of different soil management systems and fertilizer sources on soil chemical indicators and cabbage production (*Brassica oleracea var. capitata*). The experiment was carried out between 2006 and 2016 at the EPAGRI experimental station in Itajaí/SC, and had five treatments, namely: T1- DPS with the use of cover crops (crotalaria or pork beans in the summer and oat intercropped with vetch in the winter) with organic fertilization (elephant grass and poultry litter compost); T2 - DPS in an area with spontaneous vegetation and with organic fertilization; T3 – DPS with straw covering throughout the area, remaining that way until harvest (rice straw and crushed elephant grass) and organic fertilization; T4 - DPS with organic fertilization applied in a 30 cm wide furrow; T5 - CPS with chemical fertilization (urea, potassium chloride and triple superphosphate), in a 30 cm wide furrow, at 15 and 35 days after planting, and application of urea to cover the formation of the cabbage head. The organic compost fertilizer used was composed of elephant grass (*Pennisetum purpureum*) with poultry litter in treatments T1, T2 and T4 and composed of rice straw (*Oriza sativa*) with poultry litter in treatment T3. In eight years, soil chemical analyzes were performed, measuring pH, P, K, MO, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn, Fe, CTC_{pH7}, Al%, and V%, as well as recording cabbage productivity. The results were analyzed by reducing the dimensionality of the data and Principal Component Analysis (PCA), testing the effects of the statistical model and comparing the trend curves. The PCA separated the treatments into three groups, namely, the treatment with organic fertilization, the treatment with mineral fertilization and the treatment with organic fertilization and the addition of rice straw. Managements under DPS increased soil fertility indicators CTC_{pH7}, V%, Mg and cabbage productivity, with emphasis on the T3 treatment. The SPC had an improvement in soil quality indicators only in the treatment with organic fertilization, while the treatment with chemical fertilization underwent a process of soil acidification demonstrated by the parameters pH, Al% and Mn and reduced productivity. Research has shown that DPS improves soil quality and increases cabbage yield over time.

Keywords: Direct planting of vegetables; Organic fertilization; Base saturation; Aluminum saturation; Principal Component Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imagem de satélite da área do Projeto Hortaliças - Produção orgânica e sustentável de Hortaliças (polígono verde) e experimento em estudo (polígono amarelo), Estação Experimental - EPAGRI de Itajaí/SC. Fonte Google Earth Pro 2019.....	32
Figura 2 - Desenho dos tratamentos com 100 m ² cada, T1- Plantio direto com utilização de plantas de cobertura (crotalária ou feijão de porco no verão e aveia consorciada com ervilhaca no inverno); T2 - Plantio direto em área com cobertura de palha (palha de arroz ou capim elefante triturado); T3 - Plantio direto em área com vegetação nativa; T4 – PC com adubação orgânica (composto); T5 - PC com adubação química (uréia, cloreto de potássio e superfosfato triplo).....	32
Figura 3. Registro fotográfico dá uma visão geral do experimento. Fonte (EEI).....	33
Figura 4. Círculo de correlações ACP.....	36
Figura 5. Plano principal de indivíduos (ACP). T1(1-5): SPDH/Plantas de Cobertura, T2(1-5) SPDH/Pousio, T3(1-5): SPDH/Palha; T4(1-5): SPC/Orgânico; T5(1-5): SPC Químico.....	37
Figura 6. Valores observados de Saturação de Bases (V) durante o período de avaliação.....	41
Figura 7. Valores observados de pH durante o período de avaliação.....	42
Figura 8. Curvas de tendência da pH durante o período de avaliação.....	43
Figura 9. Valores observados de Acidez Potencial (H+Al) durante o período de avaliação.....	44
Figura 10. Curvas de tendência da Acidez Potencial (H+Al) durante o período de avaliação.....	45
Figura 11. Valores observados de Mg durante o período de avaliação.....	46
Figura 1. Curvas de tendência da Mg durante o período de avaliação.....	47
Figura 2. Valores observados de Mn durante o período de avaliação.....	47
Figura 14. Curvas de tendência da Mn durante o período de avaliação.....	48
Figura 15. Valores observados de evolução da produção de repolho durante o período de avaliação.....	49
Figura 16. Curvas de tendência da produção de repolho durante o período de avaliação.....	51
Figura 17. Curvas de tendência da matéria orgânica (MO) durante o período de avaliação.....	51
Figura 18. Valores observados de CTC Potencial (CTC _{pH7}) durante o período de avaliação.....	53
Figura 19. Curvas de tendência da matéria orgânica (MO) durante o período de avaliação.....	54
Figura 20. Valores observados de CTC Potencial (CTC _{pH7}) durante o período de avaliação.....	54
Figura 21. Valores observados de CTC Potencial (CTC _{pH7}) durante o período de avaliação.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Concentração de nutrientes (%) em compostos usados na adubação do repolho.....	30
Tabela 2. Significância dos testes dos fatores experimentais através da análise de modelos lineares mistos.....	31
Tabela 3 - Correlações entre variáveis e componentes principais, e variâncias individuais (Var.) e acumuladas (Var. Acum.) associadas a cada componente.....	35
Tabela 4 - Significância dos testes dos fatores experimentais através da análise de modelos lineares mistos	37
Tabela 5 - Coeficientes de determinação ajustado (R^2_{Ajustado}), estimativas dos coeficientes linear (A) e angular (B) e suas respectivas significâncias ($p t $), e comparação dos coeficientes entre tratamento (letras) pela análise de identidade dos modelos.. ..	40
Tabela 6. Coeficientes de determinação ajustado (R^2_{Ajustado}), estimativas dos coeficientes linear (A) e angular (B) e suas respectivas significâncias ($p t $), e comparação dos coeficientes entre tratamento (letras) pela análise de identidade dos modelos.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ACP – Análise dos componentes principais
- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária
- Cfa – Clima Subtropical mesotérmico úmido – Classificação climática de Koppen-Geiger
- CQFS – Comissão Química de Fertilidade do Solo
- CTC – Capacidade de troca de cátions
- CTA - Capacidade de troca de ânions
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- EEl – Estação Experimental de Itajaí
- EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- K - Potássio
- M – Saturação por alumínio
- Mg - Magnésio
- Mn – Manganês
- MO – Matéria orgânica do solo
- N - Nitrogênio
- NEPEA – Núcleo Estudo, Pesquisa e Extensão em Agroecologia
- P - Potássio
- pH – Potencial hidrogeniônico
- SC – Santa Catarina
- SPC – Sistema de preparo convencional do solo
- SPD – Sistema de plantio direto
- UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
- UE –Unidade experimental
- UR – Umidade relativa do ar
- V – Saturação por bases

LISTA DE SÍMBOLOS

% – percentagem

°C – Grau(s) Celsius

Al – Alumínio

Ca – Cálcio

cm – Centímetros

CO₂ – Dióxido de carbono

g.m⁻² – Grama(s) por metro quadrado

ha – Hectare

K – Potássio

kg – Quilograma(s)

kg.ha⁻¹ – Quilograma(s) por hectare

L.ha⁻¹ – Litro(s) por hectare

m – Metro(s)

m² – Metro(s) quadrado(s)

Mg – Magnésio

Mn - Mangânes

mg.dm⁻³ – Miligrama(s) por decímetro cúbico

Mg.ha⁻¹ – Megagrama(s) por hectare

mm – Milímetro(s)

mm.ha⁻¹ – Milímetro(s) por hectare

P – Fósforo

SO₄ – Sulfato

V% - Saturação por bases

Zn – Zinco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	repolho	17
2.2	qualidade do solo	18
2.3	INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO	19
2.4	SISTEMA DE PLANTIO DIRETO X SISTEMA DE PREPARO CONVENCIONAL.	21
2.5	FERTILIDADE DO SOLO E ADUBAÇÕES	22
2.6	PLANTAS DE COBERTURA.....	26
3	Hipóteses.....	28
4	OBJETIVOS	28
4.1	Objetivo Geral	28
4.2	Objetivos Específicos	28
5	MATERIAL E MÉTODOS	29
5.1	Localização E caracterização da área de estudo	29
5.2	Análises estatísticas	33
6	Resultados e Discussão	34
6.1	ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS.....	34
6.2	ANÁLISE DE MODELOS LINEARES MISTOS	37
6.3	ANÁLISE DE REGRESSÃO LINEAR E IDENTIDADE DAS CURVAS DE RESPOSTA	38
6.3.1	Análise de Regressão Linear e Identidade das Curvas de Resposta - Variáveis Componente de Acidez (CP1).....	38
6.3.2	Análise de Regressão Linear e Identidade das Curvas de Resposta - Variáveis Componente Manejo da Cobertura do Solo (CP2).....	52
7	CONCLUSÃO.....	55
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
9	REFERÊNCIAS.....	57

1 1 INTRODUÇÃO

2 As hortaliças ocupam parcela importante da dieta humana, sendo tradicionalmente
3 servidas junto com um alimento proteico e um carboidrato. Elas fornecem não apenas variedade
4 de cor e textura às refeições, mas também nutrientes importantes. As hortaliças têm pouca
5 gordura e caloria, relativamente pouca proteína, mas são ricas em carboidratos, minerais e fibras
6 fornecendo nutrientes significativos à dieta. Além disso, possuem compostos funcionais, que
7 beneficiam as funções orgânicas da nutrição, contribuindo para melhorar o estado de saúde e
8 bem-estar e/ou reduzir o risco de doenças (DE CARVALHO et al., 2006).

9 Considerando que, a demanda por alimentos saudáveis vem crescendo aceleradamente,
10 a produção e o consumo de hortaliças têm adquirido grande importância, tanto do ponto de vista
11 econômico, por apresentar boa rentabilidade por área, assim como, para segurança alimentar
12 dos consumidores, pelo seu valor nutritivo (VINHA, 2011). A preocupação com os impactos
13 negativos ambientais, econômicos e sociais da agricultura convencional tem levado muitos
14 agricultores a buscarem alternativas para uma agricultura mais sustentável. Dentre elas, está o
15 sistema orgânico de produção, que incentiva o uso de compostos orgânicos para melhorar a
16 qualidade do solo, além do controle natural de pragas, rotação de culturas, diversidade de
17 cultivos e animais e a proibição de uso de fertilizantes sintéticos e agrotóxicos, dentre outros
18 (FALCÃO et al., 2013). O sistema orgânico de produção procura atender uma crescente
19 demanda da sociedade por alimentos saudáveis e por sistemas produtivos mais sustentáveis. O
20 SPD aliado ao sistema orgânico pode qualificar ainda mais esta demanda (SHALLENBERGER
21 et al., 2020).

22 A degradação do solo tem sido uma preocupação constante da comunidade científica
23 por conta da redução da produtividade das culturas, do aumento nos custos de produção e
24 dos danos ao ambiente. Como alternativa, mais efetiva e eficiente de conservação do solo
25 tem-se SPD (FAGERIA & STONE, 2004; LAMAS et al., 2016).

26 O sistema de preparo convencional do solo (SPC) caracteriza-se pelo uso excessivo do
27 arado, grade e enxada rotativa, o que ocasiona a pulverização do mesmo e, conseqüentemente,
28 sua degradação edáfica. A redução dos danos ocasionados pela falta de conservação do solo
29 pode ser alcançada utilizando-se o sistema de plantio direto SPD, em que se tem o preparo do
30 solo restrito às linhas de plantio (LOSS et al., 2015).

31 Experimentos de longa duração têm papel fundamental na caracterização e escolha de
32 sistemas de manejo que visam conservar o solo e manter a produtividade das culturas (BROWN
33 et al., 2018).

34 Em função da rápida expansão da área sob SPD e da importância da adubação orgânica
35 para o Estado de Santa Catarina, há necessidade iminente de estudos mais específicos sobre o
36 manejo da adubação e dinâmica dos nutrientes no sistema solo-planta, quando não há
37 revolvimento do solo em área total (SHERER & NESI, 2009). Esses autores observaram que
38 em SPD, a adubação orgânica proporcionou aumentos nos teores de P, K, Ca, Mg, Zn, Cu e pH
39 do solo, enquanto a adubação mineral causou redução do pH e consequente aumento dos teores
40 de Al trocável.

41 A acidez é um dos principais parâmetros químicos do solo limitantes a produção
42 agrícola em regiões tropicais e subtropicais. O processo de acidificação é algo que ocorre
43 naturalmente, influenciado principalmente pela dissolução parcial do gás carbônico CO₂
44 atmosférico na água da chuva, que resulta em hidrogênios H⁺ livres para reagir com os colóides
45 e permanecer na solução do solo, acidificando o meio. Além disso, a decomposição inicial da
46 matéria orgânica (MO) e a atividade antrópica, como a aplicação de adubos altamente solúveis,
47 especialmente fontes amoniacais de nitrogênio, são fatores que conduzem à acidificação,
48 afetando a dinâmica dos nutrientes e também a presença de elementos tóxicos, promovendo a
49 hidrólise do alumínio trocável Al³⁺ (STADNIK et al., 2019).

50 Avaliando o efeito na fertilidade do solo, na produtividade de alface, sob adubação
51 orgânica comparada a mineral, Ziech et al. (2014), observaram na adubação orgânica uma
52 tendência de maior produtividade da hortaliça e aumento da atividade microbiana no solo.

53 Em pesquisa analisando a fertilidade do solo e produtividade de cebola, Higashikawa et
54 al. (2017) concluíram que a adubação orgânica, pelo efeito residual no solo, tem maior
55 influência nos atributos de fertilidade do solo em relação a adubação mineral.

56 Revisando os efeitos da adubação orgânica e mineral Hilahi et al. (2020), concluem que
57 adubação inorgânica representa um potencial risco a qualidade do solo, e que as aplicações de
58 fertilizantes orgânicos a longo prazo definitivamente melhoram a fertilidade do solo e rizosfera
59 do agroecossistema, sendo esta uma abordagem ambientalmente correta.

60 Diante do exposto, enfatiza-se a importância de estudar o efeito de diferentes sistemas
61 de manejo do solo e fontes de adubação em solo cultivado com hortaliças sobre a qualidade do
62 solo e produtividade, por meio de indicadores químicos quantitativos e dados de produtividade.

63

64 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

65 2.1 REPOLHO

66 As hortaliças absorvem grandes quantidades de nutrientes em curto período de tempo
67 e, por isso, são consideradas plantas exigentes em nutrientes prontamente disponíveis. Além
68 disso, pelo fato de normalmente serem colhidas as plantas inteiras, são também consideradas
69 plantas esgotantes do solo. Por isso, a calagem e adubação são muito importantes para essas
70 culturas (CQFS-RS/SC, 2016). De acordo com este manual, o repolho pertence ao grupo de
71 hortaliças que apresenta o seguinte comportamento na demanda de nutrientes. Na primeira fase
72 (0 a 25 dias) a planta absorve, aproximadamente, 4% do total de nutrientes que acumulará ao
73 longo do ciclo cultural. Na segunda fase (25 a 50 dias), são acumulados, aproximadamente,
74 28% do total de nutrientes, coincidindo com a fase reprodutiva e enchimento de frutos e
75 tubérculos. E, por último, a terceira fase (a partir de 50 dias), que é de amadurecimento e
76 colheita, correspondendo ao acúmulo de, aproximadamente, 68% dos nutrientes.

77 Já para FAYAD et al. (2019), o repolho passa por três estágios de desenvolvimento.
78 Sendo o primeiro classificado como etapa juvenil – 1 que vai do plantio até 21 dias após o
79 plantio (DAP); etapa juvenil – 2 que vai dos 21 DAP até a visualização do botão floral e etapa
80 adulta que vai do botão floral, aproximadamente com 49 DAP até colheita da inflorescência
81 imatura entre a 60 a 77 DAP. Na primeira etapa são absorvidos 3% dos do total de nutrientes,
82 na segunda 25% e na terceira 72%.

83 O repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) contém os seguintes princípios bioativos:
84 ácido fenólico, indóis e vitamina C. Estes bioativos auxiliam na saúde humana aumentando a
85 imunidade celular (GOMES et al., 2006). O repolho pertence à família Brassicaceae, sendo uma
86 espécie herbácea que possui a característica das folhas aparecerem encaixadas umas nas outras,
87 formando o que é designado como uma cabeça compacta (REIS FILGUEIRA, 2013). A cultura
88 do repolho é a hortaliça mais importante da família Brassicaceae, tendo amplo destaque na
89 alimentação humana, pois apresenta excelente valor nutritivo, é rico em vitaminas e sais
90 minerais, destacando-se entre os alimentos mais populares, baratos e de grande importância
91 socioeconômica aos agricultores e consumidores (OLIVEIRA et al., 2005).

92 O repolho tem como origem a Costa Norte Mediterrânica, Ásia Menor e Costa
93 Ocidental Europeia (RUIZ JÚNIOR et al., 2012), que são regiões de clima temperado.
94 Entretanto, com o tempo, foram obtidas cultivares adaptadas a temperaturas elevadas,
95 ampliando consequentemente os períodos de plantio e de colheita (REIS FILGUEIRA, 2013).

96 Os maiores produtores da cultura em nível mundial são China, Índia e a Rússia,
97 enquanto a Rússia é o maior país consumidor (FAOSTAT, 2017). Da Costa et al. (2019)
98 explicam que, no Brasil, a cultura se destaca economicamente devido ao alto volume de
99 produção e consumo. É a quinta hortaliça mais produzida no Brasil (PERIN et al., 2015).
100 Segundo Cassol et al. (2017), a produção do repolho tem se destacado pela grande importância
101 socioeconômica, pois a cultura exige mão de obra intensiva em pequenas áreas de cultivo, sendo
102 principalmente produzida por agricultores familiares.

103 Sobre as recomendações de correção de acidez do solo, o repolho está agrupado com
104 a maior parte das olerícolas, cultivado no SPC deverá receber calagem quando pH for menor
105 que 5,5 e em SPD quando for menor 6,0 (CQFS-RS/SC, 2016).

106

107 2.2 QUALIDADE DO SOLO

108 O conceito do que seja um solo com qualidade depende das prioridades previamente
109 estabelecidas. Contudo, deve-se levar em consideração a sua funcionalidade múltipla para não
110 comprometer, no futuro, o desempenho de algumas de suas funções. Assim, um determinado
111 tipo de solo pode ser considerado com boa qualidade quando apresentar a capacidade, dentro
112 dos limites de um ecossistema natural ou manejado, de manter a produtividade e a
113 biodiversidade vegetal e animal, melhorar a qualidade do ar e da água e permitir a habitação e
114 a saúde humana (GOMES et al., 2006).

115 A avaliação da qualidade do solo contribui para a compreensão dos limites de cada solo,
116 assim como leva a esclarecer quais são as medidas necessárias para a sua recuperação em caso
117 de degradação (BRADY & WEIL, 2009).

118 Segundo Karlen e Rice (2015), as estratégias de manejo mais promissoras para mitigar
119 a degradação do solo são aquelas que possibilitam o aumento da MO no solo, aperfeiçoando a
120 atividade da microbiota do solo e reduzindo todas as formas de erosão. Deste modo, as plantas
121 de cobertura como as leguminosas podem ser uma opção eficaz para melhorar a qualidade do
122 solo e manter a sustentabilidade de ecossistemas (IMBANA, 2021).

123 A qualidade do solo é um atributo fundamental para o desenvolvimento das espécies
124 que ali habitam, assim como para manutenção sustentável das culturas e conseqüentemente
125 para a garantia de alimentos para a população global. Em vista disso, faz-se necessário o
126 uso sustentável dos solos e seu monitoramento, analisando sua situação atual, assim como sua
127 capacidade de resiliência e a tomada de decisão para sua reestruturação (DE OLIVEIRA
128 SILVA et al. 2020).

129

130 2.3 INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO

131 A realização de estudos sobre a qualidade do solo têm sido cada vez mais frequentes.
132 Isso é evidente pelo fato de que se tem observado que existem diversos fatores que podem
133 ocasionar a degradação do solo, bem como elevar a perda da produtividade de uma determinada
134 cultura, não podendo ser deixado de lado, uma vez que os cuidados com o ambiente e a busca
135 por uma máxima produção são de interesse de todos (DE OLIVEIRA SILVA et al. 2020).

136 O estudo das propriedades químicas do solo possibilita a compreensão sobre o grau de
137 fertilidade presente na área, permitindo observar possíveis modificações sofridas em função
138 do manejo adotado na área (DE FREITAS et al., 2017). O pH do solo, a capacidade de troca
139 catiônica (CTC), a matéria orgânica e os níveis de nutrientes são os principais indicadores
140 químicos utilizados na avaliação da qualidade do solo (CARDOSO et al., 2013). Já os atributos
141 físicos mais utilizados são a densidade, taxa de infiltração de água, macro, micro e
142 porosidade total, condutividade hidráulica e resistência à penetração (KAZMIERCZAK, 2018).
143 Os indicadores biológicos, por sua vez, são constituintes vivos, presentes na parte mais superior
144 do solo. São representados por uma grande diversidade de espécies, as quais desempenham
145 inúmeras e complexas funções no solo. Devido a sua ampla funcionalidade e sensibilidade é
146 possível detectar alterações decorrentes do manejo do solo. Os principais atributos utilizados
147 para observar e mensurar a dinâmica da matéria orgânica do solo são a biomassa microbiana, a
148 respiração basal, o quociente metabólico, os processos enzimáticos, bem como a macrofauna e
149 os processos que envolvem o ciclo do carbono e do nitrogênio (DE OLIVEIRA SILVA et al.
150 2020).

151 Os indicadores químicos de qualidade do solo, podem ser agrupados em quatro classes:
152 a) aqueles que indicam os processos do solo, a exemplo do pH e carbono orgânico; b) aqueles
153 que indicam a capacidade do solo de resistir à troca de cátions, a exemplo do tipo de argila (1:1
154 ou 2:1), CTC, capacidade de troca de ânions (CTA), óxidos de ferro e óxidos de alumínio; c)
155 aqueles que indicam as necessidades nutricionais das plantas, como exemplo, N, P, K, Ca, Mg
156 e elementos traço (micronutrientes); d) aqueles que indicam contaminação ou poluição, a
157 exemplo dos metais pesados, nitrato, fosfato e agrotóxicos (GOMES & FILIZOLA, 2006).

158 Sendo influenciada pela acidez e variando de acordo com o tipo do solo, a saturação
159 por bases (V%) é a razão entre o total de bases e o teor encontrado na amostra em relação
160 percentual com a CTC pH 7,0, ou CTC total (LOZADA, 2015; ASMAR, 2019). Os solos de
161 alta saturação são chamados eutróficos, apresentam V% maior igual a 50% e são considerados

162 os mais férteis, enquanto os de baixa saturação são chamados de distróficos, considerados como
163 menos férteis, possuindo $V\% < 50\%$ (LEPSCH, 2021). Um índice $V\%$ baixo significa que há
164 pequenas quantidades de cátions, como Ca^{2+} , Mg^{2+} , e K^+ , saturando as cargas negativas dos
165 colóides e que a maioria delas está sendo neutralizada por H^+ e Al^{3+} . O solo nesse caso
166 provavelmente será ácido, podendo até conter alumínio em nível tóxico às plantas (RONQUIM,
167 2010).

168 A presença de nutrientes em níveis adequados é um dos aspectos fundamentais que
169 garantem a boa qualidade dos solos e o seu bom uso e manejo, principalmente no caso de
170 agroecossistemas. Em ecossistemas nativos, a ciclagem natural de nutrientes é a grande
171 responsável pela manutenção do bom funcionamento do solo e do ecossistema como um todo.
172 Essa ciclagem é fundamental para manter o estoque de nutrientes nos ecossistemas naturais,
173 evitando a perda da fertilidade natural do solo (LOPES & GUILHERME, 2007).

174 Grande parte dos solos brasileiros apresenta problemas de acidez e, como principal
175 consequência, pode ocorrer a presença de alumínio e manganês em quantidades tóxicas às
176 culturas. Aliada à elevada saturação de alumínio, ocorre deficiência de cálcio e magnésio, entre
177 outros. Diante destes problemas, o sistema radicular das plantas desenvolve pouco, limitando a
178 absorção de água e nutrientes (SILVEIRA et al., 2006). A absorção de alumínio diminuiu com
179 o aumento da concentração de cálcio na solução do solo. Os tratamentos com alumínio
180 retardaram o crescimento das mudas de pimenta do reino, induziram sintomas de toxicidade de
181 alumínio na parte aérea e principalmente aumentaram o diâmetro das raízes (VELOSO et al.,
182 2000). A carência de Mg parece ser clássica em solos ácidos provenientes de material originário
183 pobre em Mg, mas também pode ser despoletada por fatores locais, ou por práticas culturais
184 desajustadas. Poucos estudos relacionam o Mn com a absorção do Mg pelas culturas.
185 Todavia, e a partir dos dados existentes até ao momento pode inferir-se que,
186 quando o teor de Mn nos solos é elevado há carência de Mg (PORTELA & LOUZADA,
187 2007).

188 O Potencial Hidrogeniônico (pH) é um índice de concentração de H^+ no solo usado
189 para determinar se um solo é ácido (pH menor que 7), neutro (pH igual a 7) ou básico (pH maior
190 que 7); O pH controla a solubilidade de nutrientes no solo, exercendo grande influência sobre
191 a absorção dos mesmos pela planta. A CTC efetiva é a quantidade total de cátions retidos na
192 superfície das argilas ou colóides minerais e orgânicos existentes no solo, expressa em
193 e.mg/100g ou cmolc kg; $\text{CTC} = (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Al}^{3+} + \text{Na}^+)$. O nitrogênio do solo

194 disponível para as plantas está nas formas nítrica (NO_3^-) e amoniacal (NH_4^+) (GOMES &
195 FILIZOLA, 2006).

196

197 2.4 SISTEMA DE PLANTIO DIRETO X SISTEMA DE PREPARO CONVENCIONAL.

198 Os sistemas de manejo do solo têm a finalidade de criar condições favoráveis ao
199 desenvolvimento das culturas. Contudo, o solo submetido a um manejo inadequado sofre
200 modificações em sua estrutura, causando-lhe maior compactação, que poderá interferir
201 negativamente na densidade do solo, na porosidade, manutenção da matéria orgânica, na
202 infiltração de água e no desenvolvimento radicular das culturas, e, conseqüentemente, reduzir
203 sua produtividade (ALVEZ & SUZUKI, 2004).

204 O SPD é conceituado como sistema de manejo conservacionista, que envolve técnicas
205 objetivando a conservação física e química dos solos, fundamentadas na ausência de
206 revolvimento em toda área (apenas nas linhas ou berços de semeadura), e cobertura permanente
207 do solo por meio da rotação de culturas e plantas de cobertura (HECKLER et al., 2002;
208 BLANCO-CANQUI, 2004; NUNES et al., 2014; FAGUNDES et al., 2019).

209 Comparando SPD e SPC de repolho Perin et al., (2015), constataram uma melhor
210 produtividade da hortaliça no SPD e registraram que o sistema proporciona melhorias nos
211 atributos químicos, físicos e biológicos do solo.

212 Para manutenção da estrutura do solo por meio da conservação da palhada Darolt &
213 Skora Neto (2008), afirmam que o ideal na agricultura é a prática do plantio direto, adotando
214 os princípios da agricultura orgânica, sem dessecantes (herbicidas).

215 As principais vantagens do SPD comparado ao SPC estão relacionadas principalmente
216 com a redução de perdas do solo por erosão, retenção de água mantendo umidade no solo por
217 mais tempo, diminuição do escoamento superficial, melhoria do controle de plantas
218 espontâneas, redução da compactação do solo, redução de custos com operações e maquinários,
219 aumento do teor de matéria orgânica e aumento da produtividade (MOTTER, et al., 2015). Os
220 efeitos positivos podem ser potencializados, quando há incorporação de adubos orgânicos,
221 aumentando a fertilidade do sistema, impulsionando a produção e proporcionando economia de
222 energia e redução da perda de solos férteis (YADUVANSHI & SHARMA, 2008).

223 Diversos trabalhos têm constatado efeitos do SPD no aumento da porosidade do solo
224 e conseqüentemente na eficiência do armazenamento de água correlacionando com uma maior
225 produtividade, Teófilo et al. (2012) em estudo com cultivo de melão; Souza et al. (2011) e

226 Coelho (2011) com pimentão, Marquelli et al. (2006) com a cultura de tomate, Marquelli et al.
227 (2010) com repolho; e Silva et al (2015) com milho.

228

229 2.5 FERTILIDADE DO SOLO E ADUBAÇÕES

230 A fertilidade do solo pode ser compreendida como a sua capacidade de manter o
231 agroecossistema salutar aos seres vivos, disponibilizando local adequado, a conservação de
232 água, a biodiversidade do ecossistema e a produção de culturas agrícolas diversas.

233 Comumente, para suprir as alterações negativas na qualidade dos solos são utilizadas
234 práticas convencionais de preparo de solo, tais como, revolvimento do solo em toda área de
235 plantio e adubação com fertilizantes químicos inorgânicos (adubos minerais). Estes
236 fertilizantes, embora possuam algumas vantagens a curto prazo, podem acarretar problemas de
237 ordem econômica e ambiental (COSTA, et al. 2019). O nitrogênio, importante nutriente exigido
238 em grande quantidade pelas plantas, pode sofrer o processo de lixiviação e escoamento, com
239 isso contaminar o lençol freático e os cursos de água (LISBOA et al., 2019). A agricultura é
240 uma das principais causas de poluição da água, quando os insumos são aplicados em
241 quantidades superiores à aquela que as culturas podem absorver, somado a características de
242 relevo (JAWTUSCH, 2013).

243 Os macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S (também chamados de nutrientes principais)
244 são absorvidos pela planta em maior proporção que os micronutrientes B, Zn, Cu, Fe, Mo, Cl e
245 Mn (também chamados de elementos traço). Ambos são constituintes dos minerais e da matéria
246 orgânica do substrato onde a planta cresce e encontram-se também dissolvidos na solução do
247 solo. A reposição dos nutrientes é feita com fertilizantes químicos minerais, matéria orgânica,
248 minerais retirados de jazidas ou do ar (no caso da fixação biológica do nitrogênio). A matéria
249 orgânica contém todos os macros e micronutrientes demandados pelas plantas e, além disso,
250 confere melhor estrutura ao solo, aumentando sua fertilidade, além de inúmeros aspectos
251 benéficos (RONQUIM, 2010). Os fertilizantes minerais ao contrário da matéria orgânica
252 apresentam nutrientes em alta concentração que são muito solúveis, podendo ser absorvidos
253 rapidamente pelas plantas e ou lixiviados e exportados do agroecossistema com maior
254 facilidade (RONQUIM, 2010).

255 O amônio (NH_4^+) e o nitrato (NO_3^-) constituem as formas finais da mineralização do N
256 orgânico contido em qualquer resíduo ou adubo orgânico adicionado ao solo. O nitrato por
257 apresentar carga negativa pode ser repellido pelas cargas das partículas do solo, principalmente
258 na camada superficial ou também chamada de camada arável, que geralmente apresenta

259 predomínio de carga negativa e dessa forma o NO_3^- pode ficar livre em solução e ser lixiviado,
260 podendo ao longo do tempo atingir o lençol freático (SILVA et al., 2016).

261 Dentre os adubos nitrogenados, os inorgânicos, como ureia e sulfato de amônio, são os
262 mais utilizados na agricultura intensiva (MORTATE et al., 2018), enquanto os adubos
263 orgânicos encontram-se na agricultura de menor escala, mesmo apresentando vantagem na
264 melhoria das condições físico-químicas e na conservação do solo (MELLEK et al., 2010;
265 CASSOL et al., 2012; COMIM et al., 2013).

266 Por outro lado, os adubos orgânicos podem ter composição de nutrientes desbalanceado,
267 exigindo o uso de estratégias complementares para fornecer de maneira equilibrada às plantas,
268 como o uso de mais de uma fonte com mineralização diferenciada de nutrientes, o
269 aproveitamento de fixação biológica de N, o uso de biofertilizantes, dentre outros. Parham et
270 al. (2002) observando diferentes maneiras de fertilização do solo observou que entre 77 a 86%
271 do P aplicado na forma inorgânica foi recuperado nas colheitas ou permaneceu nos 30 cm
272 superficiais do solo, enquanto apenas 32% do P aplicado na forma de esterco foi recuperado.
273 Sugerindo que o P aplicado na forma de esterco é relativamente mais móvel que o aplicado na
274 forma inorgânica. Avaliando a mobilidade de P no solo, Souza et al. (2007) verificaram que
275 adubação orgânica promoveu incrementos em todas formas de P no solo.

276 O uso da água residuária de suinocultura na fertirrigação de culturas tem aumentado, o
277 que melhora as condições do solo devido ao fornecimento de nutrientes, além de
278 economizar custos com fertilização e água potável. Um dos elementos que constituem a
279 água residuária é o P que, quando em excesso, pode comprometer a qualidade do ambiente,
280 como um contaminante da água (PRIOR et al., 2009). O excesso de P causa a eutrofização de
281 corpos hídricos, os nutrientes estimulam o crescimento de algas e plantas, esse crescimento
282 excessivo destes vegetais demanda maior consumo de oxigênio dissolvido pela biota na fase
283 de degradação, gerando mortandade de peixes e desequilíbrio do ecossistema aquático (KLEIN
284 & AGNE, 2012).

285 Comparando a adubação orgânica com a mineral em cafeeiros Fernandes et al. (2013)
286 observaram que como a adubação orgânica ocorreu aumento da CTC, Ca, P, boro (B), K, zinco
287 (Zn) e Mn e redução dos níveis de cobre (Cu). Na utilização de adubação mineral, ocorreu
288 redução do pH, da V%, do Ca e Mg.

289 Os nutrientes no solo apresentam comportamentos diversos, e o conhecimento das
290 especificidades de cada um possibilita a previsão desses comportamentos em cada cenário de
291 manejo. Os nutrientes que se encontram no solo podem seguir diversas rotas, tais como: serem

292 perdidos por erosão, lixiviação, volatilização, fixação nas argilas do solo, imobilização e
293 absorvidos pelas plantas, desempenhando, nesse caso, seu principal papel. Associado a isso, a
294 exportação dos nutrientes absorvidos pelas culturas juntamente com o produto para fora das
295 áreas de cultivo contribui para aumentar a complexidade às suas dinâmicas (BATISTA et al.,
296 2018).

297 A calagem é uma prática baseada na recomendação de calcário para solos ácidos e visa
298 proporcionar um ambiente de crescimento radicular adequado, diminuindo a atividade de
299 elementos potencialmente tóxicos, como o alumínio e o manganês, além de favorecer a
300 disponibilidade de elementos essenciais à nutrição de plantas pela elevação do pH. As doses
301 recomendadas são aquelas necessárias à neutralização dessa acidez potencial na massa total de
302 solo onde se quer ter crescimento radicular. No entanto, uma vez corrigida essa acidez
303 potencial, o solo nunca mais será o mesmo e jamais numa escala centenária de anos a acidez
304 potencial e, em especial, a saturação por alumínio retornará a seu *status* natural (BRUNETTO,
305 2016). Concomitantemente a acidificação do solo, nos casos avançados de acidificação, como
306 se observam em regiões tropicais e subtropicais, os coloides inorgânicos do solo passam a ter
307 alta capacidade de adsorver fosfato e sua disponibilidade também se torna desfavorável à
308 obtenção de produtividades elevadas. Então, sempre que há referência à baixa fertilidade de
309 solos ácidos, à presença de saturações por alumínio elevadas e à baixa disponibilidade de
310 fósforo, estas têm sido apontadas como as maiores limitadoras da produtividade das plantas
311 (BRUNETTO, 2016).

312 No cenário atual do sistema produtivo de hortaliças no Estado de Santa Catarina, a
313 grande maioria dos produtores se encontra fortemente dependente de insumos externos à
314 propriedade, especialmente adubos químicos e agrotóxicos, estabelecendo um binômio
315 insumos/produtividade. Essa dependência está arraigada de maneira cultural e pode-se
316 considerar que traz consequências indesejáveis tanto no campo econômico como no ambiental,
317 visto que a maioria dos solos cultivados intensivamente apresenta teores excessivos de fósforo
318 e potássio, desequilibrando a nutrição dos vegetais e gerando maior suscetibilidade às pragas e
319 doenças, um círculo vicioso para maior consumo de agrotóxicos (FAYAD et al., 2015).

320 O fornecimento adequado de nutrientes é um dos fatores que contribui
321 significativamente para que as plantas aumentem seu rendimento, sendo a otimização da
322 eficiência nutricional fundamental para melhoria do rendimento, redução do custo de produção,
323 proteção dos cultivos contra insetos-praga e doenças e manutenção da fertilidade do solo
324 (SCHALLENBERGER, 2015).

325 A aplicação de adubos orgânicos aos solos proporciona melhoria das suas propriedades
326 físicas, químicas e biológicas, obtendo-se boas respostas das plantas. A disposição de
327 compostos orgânicos nos agroecossistemas é um processo economicamente viável e
328 sustentável, auxiliando no sequestro de carbono pelo solo e sendo um meio de aliviar o aumento
329 de CO₂ na atmosfera (FINATTO, et al., 2013).

330 Os principais efeitos dos fertilizantes orgânicos sobre as propriedades químicas do solo
331 são, enriquecimento gradual do solo com macro e micronutrientes essenciais às plantas e o
332 aumento gradativo do teor de matéria orgânica do solo. Referente às propriedades físico-
333 químicas do solo cita-se, melhoria na adsorção de nutrientes, que é a retenção físico-química
334 de cátions, diminuindo, em consequência, a lixiviação de nutrientes causada pela chuva ou pela
335 irrigação e aumento gradativo da CTC do solo, melhorando sua fertilidade (TRANI et al., 2013).

336 Uma das grandes vantagens do uso de adubos orgânicos é a disponibilização dos
337 nutrientes, que ocorre de forma mais lenta e gradual, quando comparada com adubos minerais
338 de alta solubilidade. O N e o P possuem uma liberação mais lenta dependendo da mineralização
339 da MO, e com isso proporcionando disponibilidade ao longo do tempo, o que por vezes favorece
340 melhor aproveitamento pela planta. Já o K é disponibilizado de forma mais rápida que estes
341 dois nutrientes, pois se encontra livre nos materiais orgânicos e sua liberação dependente apenas
342 do rompimento da parede celular (ZONTA et al., 2021).

343 Nas propriedades biológicas a adubação orgânica provoca diversas modificações,
344 entre estas, o aumento na biodiversidade de microrganismos úteis que agem na solubilização
345 de fertilizantes diversos de maneira a liberar nutrientes para as plantas, aumentando a
346 quantidade de microrganismos que auxiliam no controle de nematóides, fungos, esclerotínea e
347 outros fitopatógenos que são pragas para as raízes das plantas (TRANI et al., 2013).

348 Os adubos orgânicos são utilizados principalmente pelo fornecimento de matéria
349 orgânica e o uso destes proporciona a formação de uma melhor estrutura do solo sendo
350 benéfico para a produção, pois apresentam uma função importante como agentes
351 cimentantes promovendo o aumento da porosidade e aeração, evitando perdas por
352 escoamento superficial (SILVA, 2012). Para Trani et al., (2013) a adubação orgânica promove
353 a melhoria da estrutura, aeração, armazenamento de água e drenagem interna do solo.
354 Favorecem a diminuição das variações bruscas de temperatura do solo que interferem nos
355 processos biológicos do solo e na absorção de nutrientes pelas plantas.

356 A adubação orgânica pode conferir maior produtividade ao sistema de produção
357 de hortaliças por melhorar a qualidade do solo e aumentar a rentabilidade do olericultor
358 (SALLES et al., 2017).

359

360 2.6 PLANTAS DE COBERTURA

361 Por mais de duas décadas, diversos pesquisadores e extensionistas do governo do
362 estado e universidades locais uniram forças com agricultores experimentando a adubação
363 verde/plantas de cobertura e sua incorporação em sistemas de lavoura de conservação. Tanto
364 os agricultores quanto os pesquisadores relatam que o uso de plantas de cobertura minimiza a
365 erosão do solo e o crescimento de ervas espontâneas e exibe efeitos positivos nas propriedades
366 físicas, químicas e biológicas do solo (PETERSEN et al., 1999; ALTIERI et al., 2012). Foi
367 assim que surgiu um inovador sistema orgânico de cultivo mínimo. Ao contrário dos sistemas
368 convencionais de plantio direto, esses novos sistemas não dependem de herbicidas para o
369 controle de ervas espontâneas. Em vez disso, eles contam com o uso de misturas de plantas de
370 cobertura de verão e inverno que deixam uma espessa camada de cobertura de resíduos
371 (ALTIERI et al., 2011).

372 Na produção de hortaliças orgânicas a utilização exclusiva de composto orgânico tem
373 se mostrado uma prática onerosa, em função do grande volume exigido para se obter produções
374 comerciais. Uma das alternativas para a adubação complementar das hortaliças é a utilização
375 da adubação verde (FONTANÉTTI, et al., 2006).

376 A adubação verde proporciona inúmeras vantagens ao cultivo de hortaliças. As
377 crotalárias, pertencentes à família Fabaceae são amplamente conhecidas por reduzirem a
378 população de nematóides no solo, além de fixarem nitrogênio atmosférico e o adicionar
379 posteriormente ao solo. Os adubos verdes auxiliam na ciclagem dos nutrientes ao trazerem para
380 a superfície do solo nutrientes que estavam em maior profundidade. Além disto, os adubos
381 verdes favorecem a manutenção da matéria orgânica do solo e o sequestro de carbono da
382 atmosfera, recuperam solos degradados e controlam plantas espontâneas (TIVELLI et al.,
383 2010).

384 Em solos com presença de palhada, as perdas por evaporação são menores em
385 comparação com solos sem cobertura vegetal, promovendo um ambiente mais adequado ao
386 estabelecimento da cultura (PERES et al., 2010). As plantas de cobertura também liberam
387 substâncias aleloquímicas que inibem o crescimento de ervas espontâneas. Isto juntamente com

388 efeito de sombreamento das plantas de cobertura que mitigam a necessidade do uso de
389 herbicidas poluentes nas lavouras (ALTIERI et al., 2011).

390 Para aumentar a eficiência produtiva e contribuir para uma agricultura de baixo
391 carbono na produção agrícola, tem se adotado o SPD. Um dos fatores imprescindíveis para o
392 sucesso do SPD é a implantação da cultura principal sob os restos culturais de uma cultura de
393 cobertura que tenha sido introduzida em cultivo sequencial ou rotacionado (DA SILVA et al.,
394 2017).

395 As culturas de cobertura contribuem para a ciclagem de nutrientes e podem melhorar
396 as propriedades químicas do solo e, conseqüentemente, aumentar o rendimento das culturas. A
397 rotação de gramíneas no verão (milheto) e no inverno (aveia e centeio) para produção de cebola
398 no SPD aumenta os teores de Ca e a CTC (LOSS et al., 2020).

399 A densa camada de palha, sobre o solo, é essencial para o sucesso do SPD, pois cria
400 um ambiente favorável às condições físicas, químicas e biológicas do solo contribuindo para o
401 controle de plantas espontâneas, estabilização da produção e recuperação ou manutenção da
402 qualidade do solo (CERETTA et al., 2002; FAVARATO et al., 2016; WOLSCHICK et al,
403 2016). O sistema de rotação e sucessão de culturas deve ser adequado para permitir a
404 manutenção de uma cobertura mínima do solo com palha (ALVARENGA et al., 2001).

405 Para assegurar a sustentabilidade, é fundamental sua associação a um sistema de
406 rotação e sucessão de culturas diversificado, que produza adequada quantidade de resíduos
407 culturais na superfície do solo durante todo o ano. A palhada usada no SPD ameniza os picos
408 de temperatura do solo, mantém a umidade e reduz a incidência de plantas espontâneas (MELO
409 et al., 2010).

410 Uma característica importante das leguminosas é sua baixa relação C/N, quando
411 comparada com plantas de outras famílias. Este aspecto, aliado à presença de compostos
412 solúveis, favorece sua decomposição e mineralização por microrganismos do solo e a
413 reciclagem de nutrientes (PERIN et al., 2004). Alcantara et al. (2000), constataram maiores
414 acúmulos dos elementos N, K, Ca e Mg na superfície do solo pelo uso de leguminosas como
415 plantas de cobertura em comparação ao uso de gramíneas.

416 A cobertura morta com materiais orgânicos com alta relação C/N pode prejudicar o
417 desenvolvimento das plantas quando há deficiência de N no solo. A baixa concentração de N
418 dos resíduos vegetais e alta relação C/N, promovem imobilização do N mineral disponível no
419 solo para atender à demanda dos microrganismos no processo de decomposição,
420 comprometendo a nutrição nitrogenada das lavouras (CALVO et al., 2010). Por outro lado,

421 essas características que retardam a decomposição da cobertura morta, favorecem a proteção
422 do solo (BORGHI et al., 2006). Os manejos conservacionistas preconizam elevadas
423 quantidades de resíduos culturais a fim de manter a proteção do solo em solos tropicais e
424 subtropicais (DEPSCH et al., 2010). Uma liberação gradual de nutrientes, favorece a absorção
425 de nutrientes durante diferentes estágios fenológicos da planta, devendo haver sincronia entre
426 o nutriente liberado pelo resíduo da planta de cobertura e a demanda da cultura de interesse
427 comercial (BRAZ et al., 2004). A absorção dos nutrientes, advindos da mineralização dos
428 adubos verdes, pelas hortaliças depende em grande parte, da sincronia entre a decomposição e
429 mineralização dos resíduos vegetais e a época de maior exigência nutricional da cultura
430 (FONTANÉTTI, et al., 2006).

431 A adoção do consórcio entre leguminosas e gramíneas é uma alternativa para reduzir
432 os problemas com o monocultivo das plantas de cobertura, pois propicia uma relação C/N
433 intermediária, permitindo cobertura de solo mais duradoura em comparação ao monocultivo de
434 leguminosas, e liberação de nutrientes de forma mais gradual, pois as leguminosas apresentam
435 tempo de meia-vida ($T_{1/2}$) menor que o das de gramíneas (TEIXEIRA et al., 2009; SORATTO
436 et al., 2012; DELAZERI et al., 2019).

437

438 **3 HIPÓTESES**

439 O SPD com uso de adubação orgânica e/ou plantas de cobertura e/ou matéria seca
440 como cobertura do solo melhora a qualidade química do solo em comparação ao SPC do solo
441 com adubação orgânica ou mineral.

442 O SPD com uso de adubação orgânica e/ou plantas de cobertura e/ou matéria seca
443 como cobertura do solo promove maior rendimento do repolho em comparação ao SPC com
444 adubação orgânica ou mineral.

445

446 **4 OBJETIVOS**

447 **4.1 OBJETIVO GERAL**

448 Avaliar o efeito de diferentes sistemas de manejo do solo e fontes de adubação sobre
449 a qualidade do solo e o rendimento de repolho.

450

451 **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

452 a) Avaliar o efeito do sistema de plantio direto com uso de adubação orgânica, plantas
453 de cobertura ou matéria seca como cobertura, em comparação ao preparo convencional com

454 uso de adubação orgânica ou mineral sobre a qualidade do solo por meio de indicadores
455 químicos;

456 b) Avaliar o efeito de sistemas de manejo e fontes de adubação na produtividade de
457 repolho (*Brassica oleracea* var. capitata).

458

459 **5 MATERIAL E MÉTODOS**

460 5.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

461 O Projeto Hortaliças – Produção Orgânica e Sustentável de Hortaliças da Estação
462 Experimental da Epagri de Itajaí (EEI) foi criado em 1999, com foco no desenvolvimento de
463 experimentos agrícolas, para obtenção de pesquisas científicas e apoio a extensão rural
464 conservacionista.

465 O experimento apresentado nessa dissertação foi implantado em 2006, no município de
466 Itajaí, SC, na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de
467 Santa Catarina (EPAGRI) situada a 27° 34' de latitude Sul, 48° 30' de longitude Oeste de
468 Greenwich e altitude de 5m. De acordo com a classificação de Köeppen (1948), o clima do
469 lugar é subtropical, com chuvas bem distribuídas e verão quente e úmido, do tipo Cfa. O solo
470 foi classificado como Cambissolo Háplico Distrófico típico (EMBRAPA, 2006).

471 A área no qual o experimento foi implantado estava em pousio por cinco anos, sendo
472 delimitada uma área homogênea de 500 m², que foi subdividida em cinco glebas de 100 m²
473 cada com dimensões de 10 m x 10 m. Em cada uma destas áreas de 100 m² foi instalado um
474 tratamento. Foi realizada análise do solo em cada uma destas áreas de 100 m² e os resultados
475 apresentados na Tabela 1. Os tratamentos foram: T1- SPD com utilização de plantas de
476 cobertura (crotalária ou feijão de porco no verão e aveia consorciada com ervilhaca no inverno)
477 com adubação orgânica (composto de capim elefante e cama de aviário); T2 - SPD em área com
478 vegetação espontânea e com adubação orgânica; T3 - SPD com cobertura de palha em toda
479 área, permanecendo assim até a colheita (palha de arroz e capim elefante triturado) e adubação
480 orgânica; T4 - SPC com adubação orgânica aplicada em sulco de 30 cm de largura; T5 - SPC
481 com adubação química (ureia, cloreto de potássio e superfosfato triplo), em sulco de 30 cm de
482 largura, aos 15 e 35 dias após o plantio, e aplicação de ureia de cobertura na formação da cabeça
483 de repolho.

484

485 **Tabela 1** - Valores de pH, teores de fósforo (P) e potássio (K), e cálcio (Ca), magnésio (Mg), matéria
 486 orgânica (MO), alumínio (Al), saturação por bases (V) e capacidade de troca catiônica a $\text{Ph}_{\text{pH}7}$ (CTC) na
 487 camada de 0-20 cm no primeiro ano (2006) de condução do experimento submetido a diferentes manejos
 488 e adubações em Itajaí.

Tratamentos	Atributo do Solo								
	pH escala	P	K	Ca	Mg	MO (%)	Al (%)	V (%)	CTC cmolc/dm ³
T1	5,78	250,00	386,56	7,06	3,01	3,46	0,00	76,5	14,14
T2	5,70	373,38	378,13	7,58	3,13	3,76	0,00	72,75	15,56
T3	5,65	444,25	363,75	7,20	2,28	3,79	0,00	72,75	14,68
T4	5,80	379,39	349,56	6,35	2,79	3,47	0,00	73,25	11,70
T5	5,80	388,56	335,00	6,58	2,70	3,46	0,00	74,75	13,41

489 T1- SPD com utilização de plantas de cobertura (crotalária ou feijão de porco no verão e aveia
 490 consorciada com ervilhaca no inverno) com adubação orgânica (composto de capim elefante e cama de
 491 aviário); T2 - SPD em área com vegetação espontânea e com adubação orgânica; T3 - SPD com
 492 cobertura de palha em toda área, permanecendo assim até a colheita (palha de arroz e capim elefante
 493 triturado) e adubação orgânica; T4 - SPC com adubação orgânica aplicada em sulco de 30 cm de largura;
 494 T5 - SPC com adubação química (ureia, cloreto de potássio e superfosfato triplo), em sulco de 30 cm de
 495 largura, aos 15 e 35 dias após o plantio, e aplicação de ureia de cobertura na formação da cabeça de
 496 repolho.. Fonte: Autor (2019).
 497

498 Por conta dos valores de pH levemente ácidos na área não foi aplicado calcário. No
 499 primeiro ano, em 2006 foi feito o plantio de plantas de cobertura (azevém *Lolium multiflorum*,
 500 aveia *Avena sativa* e ervilhaca *Vicia cracca*) em todas as áreas. O cultivo ao longo dos anos foi
 501 de repolho (*Brassica oleracea* var. capitata). Avaliaram-se entre 2006 e 2016, por meio de
 502 análises de solo, as modificações químicas provocadas pelos diferentes sistemas de manejo de
 503 solo e pelas fontes de adubação, e o rendimento do repolho. As amostras de solo, foram
 504 coletadas com o trado holandês na profundidade de 20 cm, sendo cada amostra composta por
 505 10 subamostras coletadas em cada área de 100 m², em número de 4 amostras por tratamento.
 506 Cada área de cultivo de 100 m² foi considerada uma unidade experimental (UE). Em cada UE
 507 foram delimitadas quatro subparcelas com 25 m² para realizar as coletas. O espaçamento de
 508 plantio do repolho em todos os tratamentos foi 0,80 m entre filas e 0,7 m entre plantas. A
 509 irrigação foi feita por gotejamento e o plantio foi feito com mudas.

510 A adubação orgânica usada foi um composto à base de capim elefante (*Pennisetum*
 511 *purpureum*) e cama de aviário. O composto de palha de Arroz (*Oryza sativa*) foi feito também
 512 com adição de esterco de aves. Na Tabela 2 está apresentada a composição nutricional de cada
 513 composto. Para efeito de cálculo de proporções dos compostos, os mesmos foram embasados

514 na relação C/N no início da compostagem de 30/1. Para o composto à base de capim elefante e
 515 cama de aviário foram utilizados 10 carrinhos de mão de capim elefante (70 Kg) e um saco de
 516 esterco de cama de aviário (40 kg). Para o composto à base de palha de arroz e cama de aviário
 517 foram utilizados 7 carrinhos de mão de palha de arroz (21 Kg) e um saco de esterco de cama de
 518 aviário (40 kg).

519 Em todos os tratamentos a adubação foi realizada com base na análise do solo e no
 520 manual de adubação e calagem para Santa Catarina e Rio Grande do Sul (CQFS-RS/SC, 2004),
 521 utilizando-se como referência os teores de nitrogênio do solo. A dose total de composto foi
 522 aplicada no sulco no momento de plantio. Já a adubação química na base e em cobertura foi
 523 realizada com ureia, cloreto de potássio e superfosfato triplo.

524

525 **Tabela 2.** Concentração de nutrientes (%) em compostos usados na adubação do repolho.

Compostos (em %)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
Capim elefante (<i>Pennisetum purpureum</i>) + cama de aviário de 6 lotes (C:N 30)	1,78	2,83	2,42	3,02	0,56	0,204	0,0014	0,0472	0,027
Arroz (<i>Oryza sativa</i>) + cama de aviário de 6 lotes (C:N 30)	1,76	2,72	2,94	4,01	0,66	0,2540	0,0050	0,0720	0,021

526

527 A adubação orgânica para a cultura do repolho foi de 140 kg.ha⁻¹ N; 120 kg.ha⁻¹ P₂O₅ e 120
 528 kg.ha⁻¹ K₂O, equivalente a uma dose de 32 t.ha⁻¹ de composto, de composição: 1,75 %N; 2,75
 529 % P₂O₅; 2,24 % K₂O e teor de umidade 50%. A adubação química de base foi 100 kg ha⁻¹ de
 530 ureia; 210 kg.ha⁻¹ de cloreto de potássio e 300 kg.ha⁻¹ de superfosfato triplo e, adubação de
 531 cobertura foi 210 kg.ha⁻¹ de ureia aplicada em três vezes.

532 Na sequência figuras 1, 2 e 3 são demonstrados a imagem de satélite da área, o
 533 delineamento experimental e um registro fotográfico.

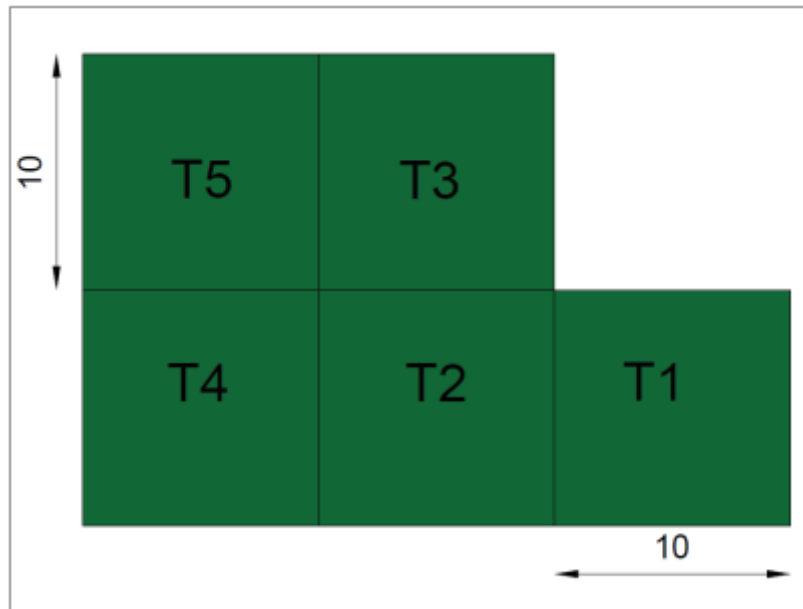
534

535



536
537
538
539
540

Figura 1. Imagem de satélite da área do Projeto Hortaliças - Produção orgânica e sustentável de Hortaliças (polígono laranja) e experimento em estudo (polígono amarelo), Estação Experimental - EPAGRI de Itajaí/SC. Fonte Google Earth Pro 2019.



541
542
543
544
545
546
547
548
549
550

Figura 2. Desenho dos tratamentos com 100 m² cada, T1- SPD com utilização de plantas de cobertura (crotalária ou feijão de porco no verão e aveia consorciada com ervilhaca no inverno) com adubação orgânica (composto de capim elefante e cama de aviário); T2 - SPD em área com vegetação espontânea e com adubação orgânica; T3 - SPD com cobertura de palha em toda área, permanecendo assim até a colheita (palha de arroz e capim elefante triturado) e adubação orgânica; T4 - SPC com adubação orgânica aplicada em sulco de 30 cm de largura; T5 - SPC com adubação química (ureia, cloreto de potássio e superfosfato triplo), em sulco de 30 cm de largura, aos 15 e 35 dias após o plantio, e aplicação de ureia de cobertura na formação da cabeça de repolho.

551

552



553

554

Figura 3. Visão geral do experimento. Fonte (EEI).

555

556 5.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

557

558

559

560

561

562

563

564

A estratégia de análise utilizada no presente estudo compreendeu as etapas de redução da dimensionalidade dos dados, teste dos efeitos do modelo estatístico e comparação das curvas de tendências. A redução da dimensão dos dados foi realizada por meio da análise de componentes principais. Arbitrou-se que a máxima expressão das diferenças entre os tratamentos avaliados foi verificada no último ano de condução do experimento, uma vez que os dados observados possuem natureza longitudinal. Desta forma, foram utilizados apenas o conjunto de dados do último ano para a identificação das variáveis mais relevantes para a diferenciação entre os tratamentos.

565

566

567

568

569

570

Para as variáveis selecionadas na análise de componentes principais, foram realizados os testes dos efeitos dos fatores de condição experimental elencados neste estudo. O delineamento das unidades experimentais foi o de faixas, com quatro repetições, havendo repetição das observações no tempo. O delineamento das condições experimentais foi o fatorial 5 x 8 (5 sistemas de produção e 8 anos de avaliação). O modelo experimental analisado é apresentado na $Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij} + \beta_k + \varepsilon_{jk} + (\alpha\beta)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$ Equação 1. As hipóteses foram

571 testadas por meio da análise de modelos lineares mistos, considerando a matriz de covariâncias
 572 autorregressiva de primeira ordem.

573

$$574 Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij} + \beta_k + \varepsilon_{jk} + (\alpha\beta)_{ik} + \varepsilon_{ijk} \text{ Equação 1}$$

575 No qual:

576 Y_{ijk} é o valor observado nas unidades experimentais

577 μ é a constante experimental (média)

578 α_i é o efeito associado ao i-ésimo sistema de produção

579 ε_{ij} é o efeito aleatório associado às faixas

580 β_k é o efeito associado ao k-ésimo tempo

581 ε_{ik} é o efeito aleatório associado aos anos

582 $(\alpha\beta)_{ik}$ é o efeito da interação entre os sistemas de produção e os anos

583 ε_{ijk} é o erro experimental

584

585 A evolução das variáveis selecionadas durante o período de avaliação foi analisada por
 586 meio de regressão linear. A comparação dos padrões de evolução entre os sistemas de produção
 587 foi realizada por meio da análise da identidade das curvas de resposta, com introdução de
 588 variáveis Dummy e teste dos parâmetros dos modelos ajustados.

589 Todos os procedimentos de análise foram realizados com o auxílio do software
 590 estatístico R (R CORE TEAM, 2018).

591

592 **6 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

593 **6.1 ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS**

594 A análise de componentes principais indicou que a diferenciação entre os sistemas de
 595 produção ao final do período de avaliação esteve majoritariamente associada aos dois primeiros
 596 componentes, os quais respondem por 81% da diferenciação entre os sistemas avaliados Tabela
 597 3. O primeiro, responsável por 67% da diferenciação, compreendeu um contraste entre o grupo
 598 de variáveis V%, pH e Produtividade, e o grupo Mn, Mg e H+Al Tabela 3. Este resultado
 599 evidencia um efeito pronunciado do manejo da cobertura vegetal e das fontes de nutrientes
 600 sobre os indicadores de acidez do solo e a produtividade do repolho. O segundo componente
 601 caracteriza um contraste entre o grupo de variáveis CTC_{pH7} e MO, e a variável P, sendo
 602 responsável por 14% da diferenciação entre os sistemas Tabela 3. Utilizou-se como ponto de
 603 corte os scores acima de 0,40. O valor foi arbitrado com base na relação teórica entre as

604 variáveis de maior peso, onde as variações no teor de MO teriam impactos mais diretamente
 605 observáveis sobre o sistema coloidal e a dinâmica do P (considerando o grau de interação no
 606 solo entre compostos orgânicos e o ortofosfato). Quanto aos impactos dos tratamentos sobre os
 607 teores de Ca foram indiretamente abordados no primeiro componente, dada sua íntima relação
 608 com V%.

609 O componente mostra um efeito relevante, porém menos evidente, dos sistemas
 610 avaliados sobre o acúmulo de carbono no solo com reflexos sobre o sistema coloidal e dinâmica
 611 do fósforo. A dimensão da relevância de cada variável para a diferenciação dos sistemas nos
 612 dois primeiros componentes também pode ser observada na Figura 4. A relevância está
 613 associada ao peso do segundo componentes (14% da variação), o qual associado ao primeiro
 614 componente respondem por mais de 80% (valor considerado como referência em ACP) da
 615 variação total observada na amostra. A menor evidência do efeito está relacionada à
 616 comparação do peso do primeiro (67 %) e segundo componentes.

617 O padrão de diferenciação entre os sistemas, associados ao plano principal da análise de
 618 ACP (primeiro e segundo componentes), são apresentados na Figura 5. O primeiro componente
 619 promove uma clara distinção entre os sistemas com aplicação de fertilizantes orgânico e
 620 mineral, mostrando a magnitude dos impactos associados ao manejo da adubação sobre os
 621 indicadores de acidez do solo, e seus reflexos sobre o desempenho produtivo da cultura do
 622 repolho. O segundo componente evidencia os impactos do manejo da cobertura do solo sobre a
 623 dinâmica do carbono no solo. O padrão associado a este componente evidencia o efeito benéfico
 624 da manutenção da palha sobre o solo do tratamento T3 no acúmulo de carbono e sistema
 625 coloidal do solo.

626

627 **Tabela 3.** Correlações entre variáveis e componentes principais, e variâncias individuais
 628 (Var.) e acumuladas (Var. Acum.) associadas a cada componente.

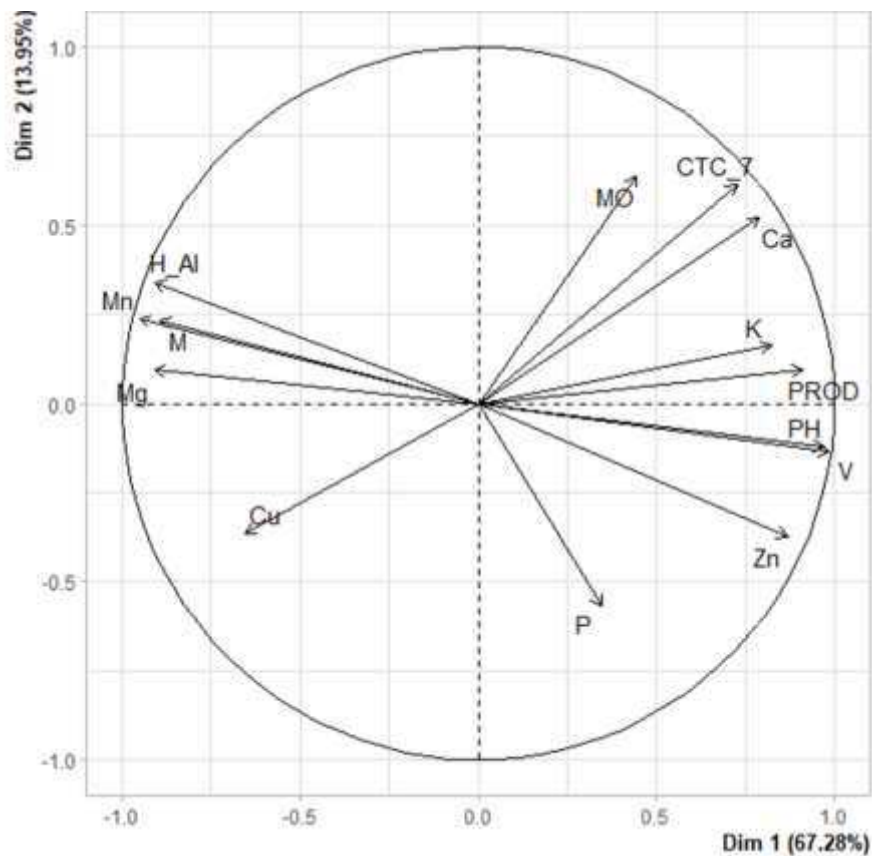
Variáveis	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5
Produtividade	0,30	0,07	0,15	0,34	0,22
pH	0,32	0,09	0,01	0,06	0,03
P	0,11	0,41	0,65	0,21	0,44
K	0,27	0,12	0,26	0,59	0,05
MO	0,15	0,46	0,26	0,56	0,50
Ca	0,26	0,37	0,14	0,12	0,29
Mg	0,30	0,07	0,21	0,22	0,19

Zn	0,28	0,27	0,13	0,12	0,17
Cu	0,21	0,26	0,53	0,01	0,38
Mn	0,31	0,17	0,11	0,05	0,05
H+Al	0,30	0,24	0,10	0,22	0,04
CTC _{pH7}	0,24	0,44	0,20	0,10	0,25
M	0,29	0,17	0,04	0,15	0,39
V	0,32	0,10	0,05	0,08	0,02
Variância explicada (%)	67	14	7	4	3
Variância acumulada (%)	67	81	88	92	95

629

630

631



632

633 **Figura 4.** Círculo de correlações da ACP.

634

635

659

660 6.3 ANÁLISE DE REGRESSÃO LINEAR E IDENTIDADE DAS CURVAS DE

661 RESPOSTA

662 6.3.1 Análise de Regressão Linear e Identidade das Curvas de Resposta - Variáveis

663 Componente de Acidez (CP1)

664 Os parâmetros de ajuste e coeficientes dos modelos, e a comparação dos coeficientes

665 entre os tratamentos são apresentados na

666 **Tabela** . O comportamento das variáveis do solo revelou semelhança dos efeitos dos
667 sistemas de cultivo avaliados sobre os níveis de acidez e teor de bases ao longo do período de
668 avaliação figuras 6 a 13. De forma geral, os baixos valores dos coeficientes angulares dos
669 modelos ajustados, os quais são em boa parte não significativos, indicam que inexistem ou há
670 pouca alteração de V%, pH, H+Al, Mg, Mn e produtividade ao longo dos anos para os
671 tratamentos com aplicação de fertilizantes orgânicos.

672 Diferentemente, para o tratamento com utilização exclusiva de fertilizantes químicos,
673 há tendência de aumento dos indicadores de acidez do solo e diminuição dos teores de bases,
674 indicando um comportamento distinto em relação aos demais tratamentos, a ACP também
675 evidencia essa separação dos tratamentos isolando o T5. Esta divergência no comportamento
676 das variáveis promovida pelo tipo de fertilizante (orgânico *versus* químico) é evidenciada pela
677 diferença significativa entre o coeficiente angular T5 e os demais. Farias et al. (2017), em estudo
678 sobre adubação orgânica afirmam que apesar da predominância de utilização de adubos
679 inorgânicos na produção de hortaliças, estes não possuem a vantagem de melhorar o solo como
680 os adubos orgânicos.

681 Já a variável produtividade apresenta comportamento relativamente distinto em relação
682 às variáveis de solo. A principal diferença se dá no desempenho produtivo do repolho nos anos
683 iniciais, o que é indicado pela diferença significativa entre os coeficientes lineares dos modelos
684 ajustados

685 **Tabela** . Verificou-se melhor resultado para o tratamento com aplicação de fertilizantes
686 químicos em comparação aos orgânicos. Para estes últimos, o tratamento com manutenção da
687 palha em cobertura apresentou o pior resultado, revelando um efeito negativo deste manejo da
688 cobertura do solo nos estágios iniciais de implantação do sistema figuras 16 e 17.

689 As diferenças entre os coeficientes angulares dos modelos ajustados para a variável
690 produtividade apresentaram padrão semelhante ao observado para os coeficientes lineares

691 **Tabela** . A análise da identidade dos modelos indicou a ocorrência de três padrões de
692 resposta figuras 16 e 17. O primeiro se refere ao sistema SPD com manutenção da palha em
693 cobertura, onde se observou uma tendência de aumento da produção durante o período avaliado
694 tratamento 3. O segundo diz respeito aos demais tratamentos com aplicação de fertilizantes
695 orgânicos, para os quais a produtividade se manteve relativamente estável, não havendo
696 alterações relevantes entre os valores observados no início e fim da avaliação (tratamentos 1, 2
697 e 4). O terceiro padrão esteve associado ao sistema com uso de fertilizante químico, o qual
698 apresentou tendência de redução da produtividade tratamento 5. Essas três separações são
699 corroboradas pela formação de três grupos na ACP.

700 Em experimento com quatro anos de duração, Santos (2016), verificou que a produção
701 de alfaces com composto orgânico foi similar ou melhor que com a adubação mineral,
702 concluindo que, fertilização orgânica vem se confirmar como uma importante ferramenta de
703 suporte à produção de folhosas, contribuindo para o incremento da produção e da qualidade do
704 produto agrícola.

705 Em estudo comparando a produção de cebola em SPD com plantas de cobertura, com
706 área testemunha sem plantas de cobertura Souza et al., (2013) verificaram uma maior
707 produtividade desta cultura no SPD com plantas de cobertura.

708 Loss et al. (2017) avaliaram por seis anos os atributos físicos do solo cultivado com
709 cebola em sistemas plantio direto de hortaliças (SPDH), preparo convencional (SPC) do solo,
710 e uma área de floresta secundária, e concluíram que o SPDH aumentou os índices de agregação,
711 a porosidade total e umidade volumétrica em comparação ao SPC, e equiparou-se aos índices
712 de agregação em relação à área de mata.

713

714 **Tabela 5.** Coeficientes de determinação ajustado (R^2_{Ajustado}), estimativas dos coeficientes linear (A) e
 715 angular (B) e suas respectivas significâncias ($p | t |$), e comparação dos coeficientes entre tratamento
 716 (letras) pela análise de identidade dos modelos.

Trat.	R^2_{Ajustado}	A*	$p t $	B*	$p t $
V %					
T1	0.32	79.03	<0.01	1.03 a	<0.01
T2	0.19	79.02	<0.01	0.98 a	<0.01
T3	0.44	77.80	<0.01	1.40 a	<0.01
T4	0.28	78.52	<0.01	1.07 a	<0.01
T5	0.58	75.30	<0.01	-3.61 b	<0.01
pH					
T1	0.05	6.25	<0.01	0.04 b	ns
T2	0.07	6.15	<0.01	0.04 b	ns
T3	0.27	6.09	<0.01	0.08 b	<0.01
T4	-0.16	6.15	<0.01	0.06 b	<0.01
T5	0.58	5.96	<0.01	-0.14 a	<0.01
H+Al					
T1	0.37	2.57	<0.01	-0.12 b	ns
T2	0.27	2.98	<0.01	-0.14 b	ns
T3	0.12	2.96	<0.01	-0.13 b	ns
T4	0.16	2.60	<0.01	-0.09 b	ns
T5	0.44	2.72	<0.01	0.28 a	<0.01
Mg					
T1	0.27	2.91	<0.01	-0.08 a	<0.01
T2	0.23	3.22	<0.01	-0.07 a	<0.01
T3	0.07	2.83	<0.01	-0.04 a	ns
T4	-0.03	2.93	<0.01	-0.01 a	ns
T5	0.54	3.02	<0.01	-0.32 b	<0.01
Mn					
T1	0.36	8.96	<0.01	0.90 b	<0.01
T2	0.36	9.67	<0.01	0.99 b	<0.01
T3	0.37	10.09	<0.01	1.03 b	<0.01
T4	0.22	7.87	<0.01	0.59 b	<0.01
T5	0.63	20.23	<0.01	3.90 a	<0.01
Produtividade					
T1	0.13	2.33 b	<0.01	0.06 b	0.02
T2	0.39	2.09 b	<0.01	0.12 b	<0.01
T3	0.78	1.90 c	<0.01	0.25 a	<0.01
T4	0.19	2.60 b	<0.01	0.07 b	<0.01
T5	0.40	2.76 a	<0.01	-0.11 c	<0.01

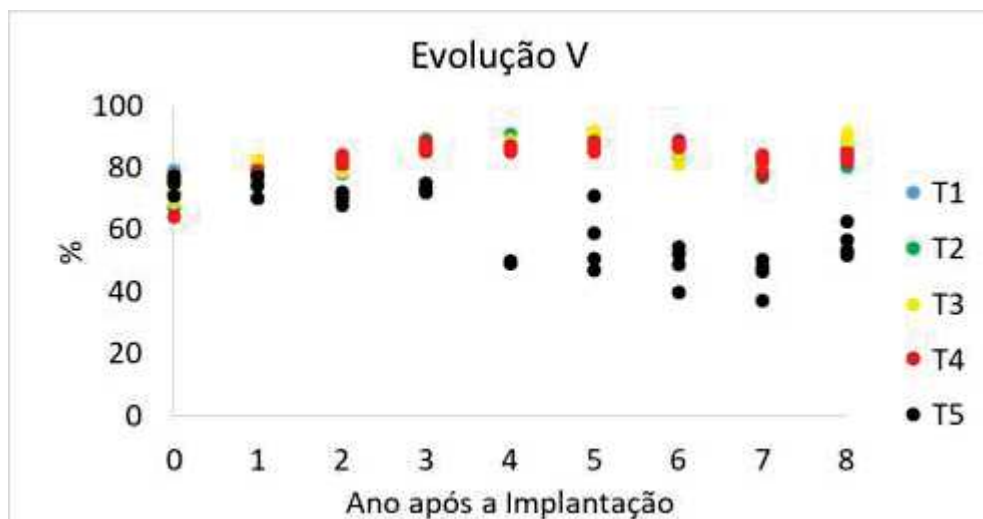
717 *Letras diferentes na coluna indicam diferenças significativas entre os coeficientes pelo teste t para
 718 parâmetros do modelo. T1- SPD com utilização de plantas de cobertura (crotalária ou feijão de porco
 719 no verão e aveia consorciada com ervilhaca no inverno) com adubação orgânica (composto de capim

720 elefante e cama de aviário); T2 - SPD em área com vegetação espontânea e com adubação orgânica; T3
 721 - SPD com cobertura de palha em toda área, permanecendo assim até a colheita (palha de arroz e capim
 722 elefante triturado) e adubação orgânica; T4 - SPC com adubação orgânica aplicada em sulco de 30 cm
 723 de largura; T5 - SPC com adubação química (ureia, cloreto de potássio e superfosfato triplo), em sulco
 724 de 30 cm de largura, aos 15 e 35 dias após o plantio, e aplicação de ureia de cobertura na formação da
 725 cabeça de repolho.
 726

727 Nas figuras 6 e 7 ficam caracterizadas a evolução e tendência da saturação por bases.
 728 Nota-se que o T5 possui evolução e tendência diferentes dos demais tratamentos, caracterizando
 729 o declínio de bases e indicando o processo de acidificação do solo. Diversos autores como,
 730 Prezzotti et al. (2010); Favarato et al. (2016); Del Pino et al. (2018), em estudos sobre plantio
 731 de hortaliças com adubação orgânica e os efeitos nos atributos químicos do solo, verificaram
 732 que os tratamentos sob manejo orgânico proporcionaram incrementos nos valores de pH, P, K⁺,
 733 Ca²⁺, o que corrobora com os resultados obtidos dos tratamentos T1 a T4. Em experimento com
 734 manejo conservacionista de quinze espécies de hortaliças e vinte anos de duração Prezzotti et
 735 al. (2010), verificaram elevações significativas no teor de matéria orgânica e nutrientes, com
 736 reflexos positivos na CTC, soma de bases e saturação por bases. O pH do solo foi elevado pelo
 737 manejo orgânico, atingindo níveis adequados para a disponibilização de nutrientes. Esses
 738 resultados também vão ao encontro com os resultados de pH demonstrados nas figuras 8 e 9.

739 A adubação orgânica, pelo efeito residual no solo, tem maior influência nos atributos
 740 de fertilidade do solo em relação a adubação mineral (HIGASHIKAWA et al., 2017).

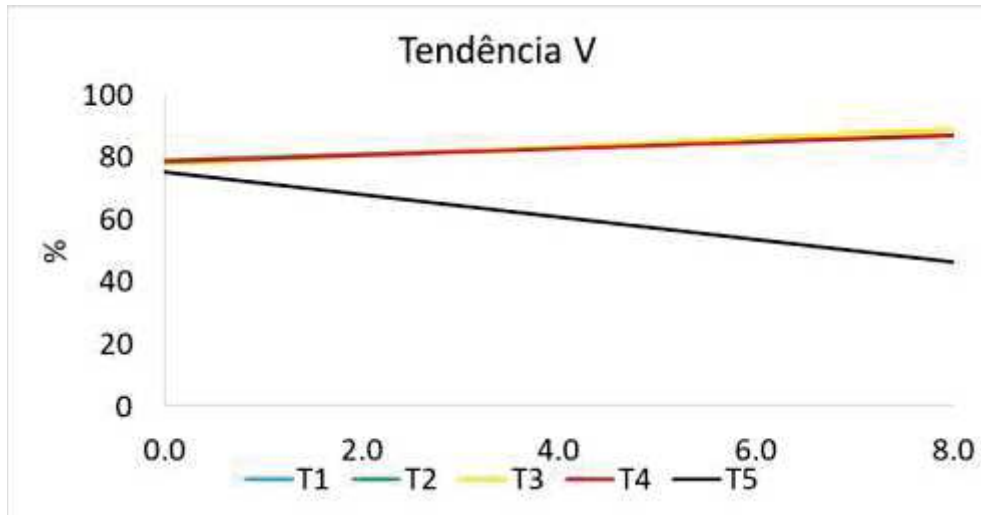
741



742

743 **Figura 6.** Valores observados de Saturação de Bases (V) durante o período de avaliação. T1- SPD
 744 com utilização de plantas de cobertura (crotalaria ou feijão de porco no verão e aveia consorciada com
 745 ervilhaca no inverno) com adubação orgânica (composto de capim elefante e cama de aviário); T2 - SPD
 746 em área com vegetação espontânea e com adubação orgânica; T3 - SPD com cobertura de palha em toda
 747 área, permanecendo assim até a colheita (palha de arroz e capim elefante triturado) e adubação orgânica;

748 T4 - SPC com adubação orgânica aplicada em sulco de 30 cm de largura; T5 - SPC com adubação
 749 química (ureia, cloreto de potássio e superfosfato triplo), em sulco de 30 cm de largura, aos 15 e 35 dias
 750 após o plantio, e aplicação de ureia de cobertura na formação da cabeça de repolho.
 751



752

753 **Figura 7.** Curvas de tendência da Saturação de Bases (V) durante o período de avaliação. T1- SPD
 754 com utilização de plantas de cobertura (crotalária ou feijão de porco no verão e aveia consorciada com
 755 ervilhaca no inverno) com adubação orgânica (composto de capim elefante e cama de aviário); T2 - SPD
 756 em área com vegetação espontânea e com adubação orgânica; T3 - SPD com cobertura de palha em toda
 757 área, permanecendo assim até a colheita (palha de arroz e capim elefante triturado) e adubação orgânica;
 758 T4 - SPC com adubação orgânica aplicada em sulco de 30 cm de largura; T5 - SPC com adubação
 759 química (ureia, cloreto de potássio e superfosfato triplo), em sulco de 30 cm de largura, aos 15 e 35 dias
 760 após o plantio, e aplicação de ureia de cobertura na formação da cabeça de repolho.
 761

762

763

764

765

766

767

768

769

770

A acidez de um solo é caracterizada pelo seu pH e o mesmo se torna ácido a medida que o seu valor diminui. Um dos fatores que causam maiores problemas de toxicidade em solos com pH abaixo de 5,0 é a elevada concentração de alumínio (Al) disponível, constituindo um fator limitante ao crescimento das plantas (COMIN et al., 2006). Em condições de solo ácido, o íon fosfato reage rapidamente com o octaedro de Al, pela substituição dos grupos de hidroxila (OH) localizados na superfície do mineral, formando complexos de esfera interna. Ocorrem, também, reações de precipitação do P com formas iônicas de Al e Fe em solos ácidos e Ca em meio básico, formando compostos de baixa solubilidade (NOVAIS & SMYTH, 1999; SOUZA et al., 2006).

771

772

773

774

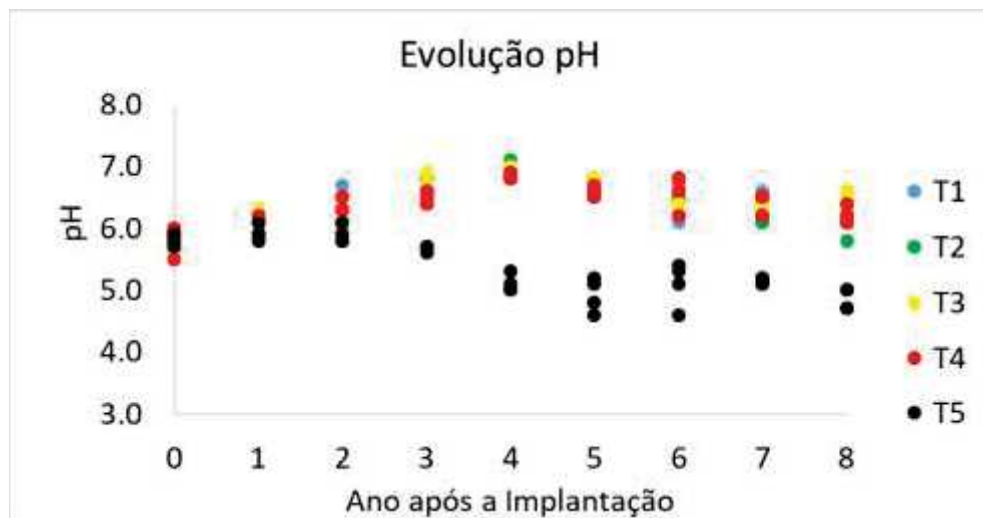
775

776

A presença do Al reduz o crescimento e o desenvolvimento das raízes e diminui a absorção de nutrientes, o que é desfavorável para o desenvolvimento de plantas sensíveis a esse elemento. Isso afeta a produção agrícola que, para obter altos rendimentos, necessita de substratos que possibilitem o desenvolvimento das raízes sem obstáculos químicos e/ou físicos (COMIN et al., 1999; ECHART & CAVALLI-MOLINA, 2001). Nesse sentido, a evolução e tendência do pH e V% do T5 provavelmente caracterizam a causa da queda no rendimento deste

777 tratamento, dados que, são observadas mais adiante nas figuras 16 e 17. Em solos ácidos, onde
 778 a acidez, baixa disponibilidade de nutrientes e a toxicidade são preocupações para o uso geral
 779 do solo, os fertilizantes orgânicos são importantes. A importância dos fertilizantes orgânicos
 780 não se limita ao seu papel como fonte de reservatório de nutrientes do solo, umidade e melhorias
 781 nas propriedades do solo que determinam o estado de fertilidade do solo, mas ao manejo da
 782 acidez e da toxicidade como dois fatores que afetam o solo e a produtividade (MICHAEL,
 783 2021).

784

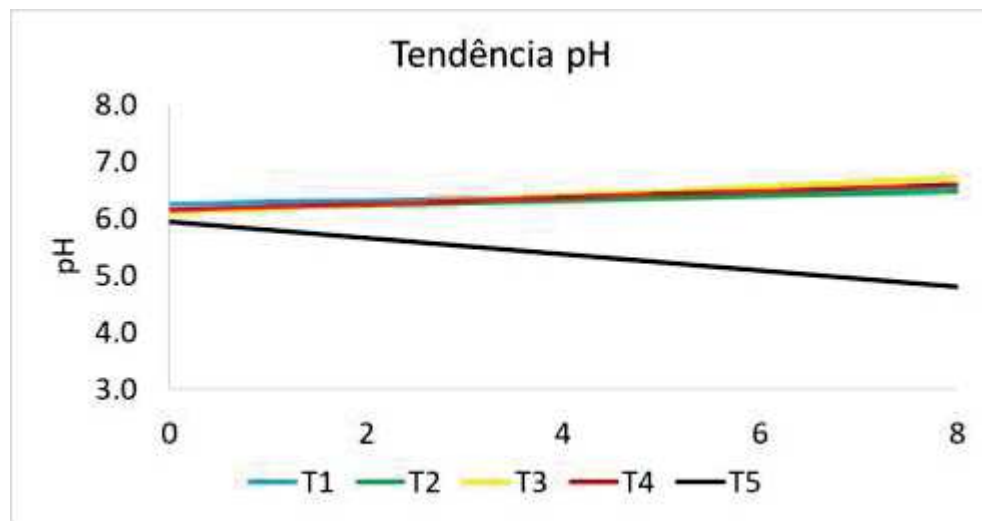


785

786 **Figura 8.** Valores observados de pH durante o período de avaliação. T1- SPD com
 787 utilização de plantas de cobertura (crotalária ou feijão de porco no verão e aveia consorciada com
 788 ervilhaca no inverno) com adubação orgânica (composto de capim elefante e cama de aviário); T2 - SPD
 789 em área com vegetação espontânea e com adubação orgânica; T3 - SPD com cobertura de palha em toda
 790 área, permanecendo assim até a colheita (palha de arroz e capim elefante triturado) e adubação orgânica;
 791 T4 - SPC com adubação orgânica aplicada em sulco de 30 cm de largura; T5 - SPC com adubação
 792 química (ureia, cloreto de potássio e superfosfato triplo), em sulco de 30 cm de largura, aos 15 e 35 dias
 793 após o plantio, e aplicação de ureia de cobertura na formação da cabeça de repolho.

794

795



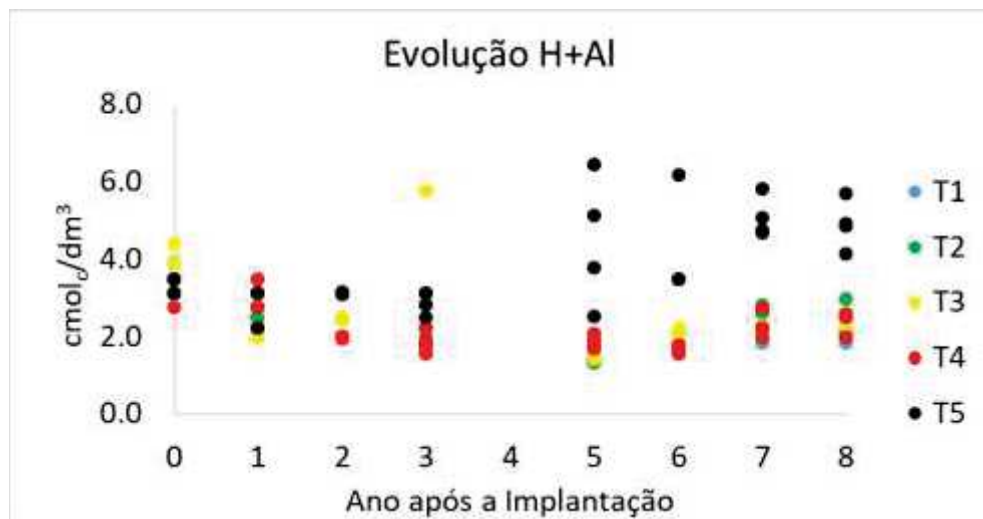
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806

Figura 9. Curvas de tendência do pH durante o período de avaliação. T1- SPD com utilização de plantas de cobertura (crotalária ou feijão de porco no verão e aveia consorciada com ervilhaca no inverno) com adubação orgânica (composto de capim elefante e cama de aviário); T2 - SPD em área com vegetação espontânea e com adubação orgânica; T3 - SPD com cobertura de palha em toda área, permanecendo assim até a colheita (palha de arroz e capim elefante triturado) e adubação orgânica; T4 - SPC com adubação orgânica aplicada em sulco de 30 cm de largura; T5 - SPC com adubação química (ureia, cloreto de potássio e superfosfato triplo), em sulco de 30 cm de largura, aos 15 e 35 dias após o plantio, e aplicação de ureia de cobertura na formação da cabeça de repolho.

807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823

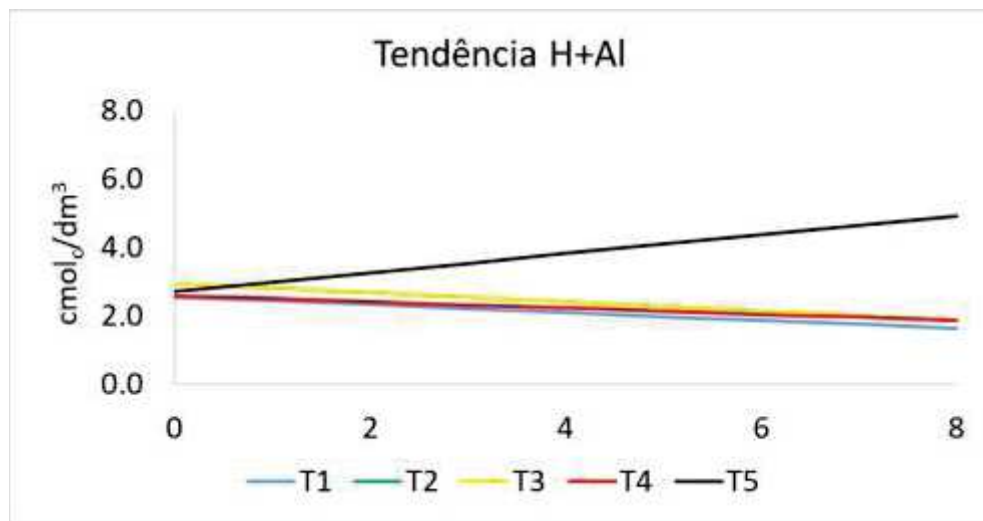
Em solos tropicais e subtropicais úmidos, com altas precipitações pluviométricas, nutrientes solúveis como cálcio, magnésio, potássio e outros elementos básicos são lixiviados (Malavolta, 1980; Lopez, 1990; Fageria, 1999; Fernandes, 2006; Miguel et al., 2010). Quando a remoção de cátions básicos é maior que sua taxa de liberação pelas intempéries, o pH do solo diminui. A mineralização da matéria orgânica por microrganismos do solo resulta na liberação de nitrato e hidrogênio, ocasionando a diminuição do pH. Em pH baixo, o hidrogênio (H^+) atua sobre os minerais liberando íons alumínio (Al^{3+}) que ficam predominantemente retidos pelas cargas negativas das partículas de argila do solo, em equilíbrio com o Al^{3+} em solução. Assim, a quantidade de Al^{3+} em solução aumenta com a acidez do solo (GIANELLO, 1995). O alumínio é um dos principais responsáveis pela baixa performance de plantas economicamente importantes em solos ácidos. Das espécies de alumínio, a forma Al^{3+} é comprovadamente tóxica e o sintoma inicial, e mais nocivo de sua toxicidade, é a inibição do crescimento da raiz (COMIN et al., 1999; ECHART & CAVALLI-MOLINA, 2001). Esta acidez compreende situações de toxicidade iônica como excesso de alumínio e às vezes manganês, além de limitações nutricionais, devido à carência de Ca^{+2} e Mg^{+2} , aliadas à baixa disponibilidade de P para as plantas. Conforme (EMBRAPA, 2013), se a saturação por bases do solo é alta, ou seja, maior ou igual a 50%, o solo é eutrófico, rico em nutrientes, especialmente em cálcio. Em

824 contraponto, quando a saturação por alumínio do solo (m%) é alta, ou seja, maior ou igual a
 825 50%, o solo é álico, pobre em cálcio, mas com alto teor de alumínio tóxico para as raízes. O
 826 teor de alumínio no solo, no início do trabalho no ano 0, foi igual nos cinco tratamentos,
 827 mantendo-se abaixo do limite de toxidez em todos os tratamentos, se mantendo assim até o
 828 quinto ano. A partir deste ano, no tratamento 5 com manejo convencional do solo e adubação
 829 mineral, a acidez potencial e manganês subiram num acréscimo contínuo até o final do
 830 experimento figuras 10 e 11. Já nos demais tratamentos com composto o teor de alumínio se
 831 manteve com características semelhantes às do início do experimento.
 832
 833



834

835 **Figura 10.** Valores observados de Acidez Potencial (H+Al) durante o período de avaliação. T1-
 836 SPD com utilização de plantas de cobertura (crotalária ou feijão de porco no verão e aveia consorciada
 837 com ervilhaca no inverno) com adubação orgânica (composto de capim elefante e cama de aviário); T2
 838 - SPD em área com vegetação espontânea e com adubação orgânica; T3 - SPD com cobertura de palha
 839 em toda área, permanecendo assim até a colheita (palha de arroz e capim elefante triturado) e adubação
 840 orgânica; T4 - SPC com adubação orgânica aplicada em sulco de 30 cm de largura; T5 - SPC com
 841 adubação química (ureia, cloreto de potássio e superfosfato triplo), em sulco de 30 cm de largura, aos
 842 15 e 35 dias após o plantio, e aplicação de ureia de cobertura na formação da cabeça de repolho.
 843
 844



845

846 **Figura 11.** Curvas de tendência da Acidez Potencial (H+Al) durante o período de avaliação. T1- SPD
 847 com utilização de plantas de cobertura (crotalaria ou feijão de porco no verão e aveia consorciada com
 848 ervilhaca no inverno) com adubação orgânica (composto de capim elefante e cama de aviário); T2 - SPD
 849 em área com vegetação espontânea e com adubação orgânica; T3 - SPD com cobertura de palha em toda
 850 área, permanecendo assim até a colheita (palha de arroz e capim elefante triturado) e adubação orgânica;
 851 T4 - SPC com adubação orgânica aplicada em sulco de 30 cm de largura; T5 - SPC com adubação
 852 química (ureia, cloreto de potássio e superfosfato triplo), em sulco de 30 cm de largura, aos 15 e 35 dias
 853 após o plantio, e aplicação de ureia de cobertura na formação da cabeça de repolho.

854

855

856

857

858

859

860

861

862

863

864

865

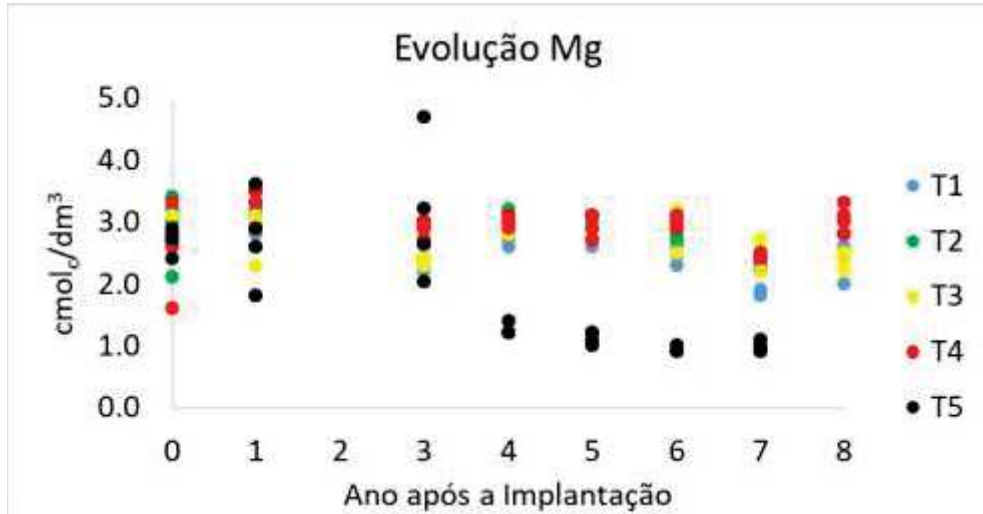
866

867

868

869

O magnésio pode ser originário do intemperismo, da calagem ou da mineralização da matéria orgânica. Contudo a mineralização da matéria orgânica tende a não ser expressiva para disponibilidade deste nutriente, devido à baixa taxa de mineralização em relação à quantidade total de biomassa requerida, sendo a principal fonte deste nutriente para as culturas a calagem (FAVARIN et al., 2013). O Mg é muito necessário para a criação de clorofila nas folhas das plantas, este macronutriente desempenha um papel essencial na produção de proteínas e gorduras nas plantas e também ajuda na absorção de nutrientes na solução do solo (HARZA, 2016). Como neste experimento não houve calagem de manutenção, e os tratamentos com adubação orgânica tiveram resultados superiores a adubação mineral, a hipótese mais provável, é que a melhoria na fertilidade química do solo advém da fonte de adubação conforme podemos verificar na Tabela 5 e nas figuras 12 e 13. Comparando adubação orgânica e mineral em solo cultivado com videiras, Silva et al. (2014), observaram que os resultados obtidos mostram que a aplicação de adubo orgânico ao solo aumentou os valores de MO, pH, condutividade elétrica (CE), P, K, Ca, Mg, Mn, antimônio (Sb), CTC e V%, mas diminuiu a concentração de cobre trocável no solo, por meio de complexação do cátion na matéria orgânica.

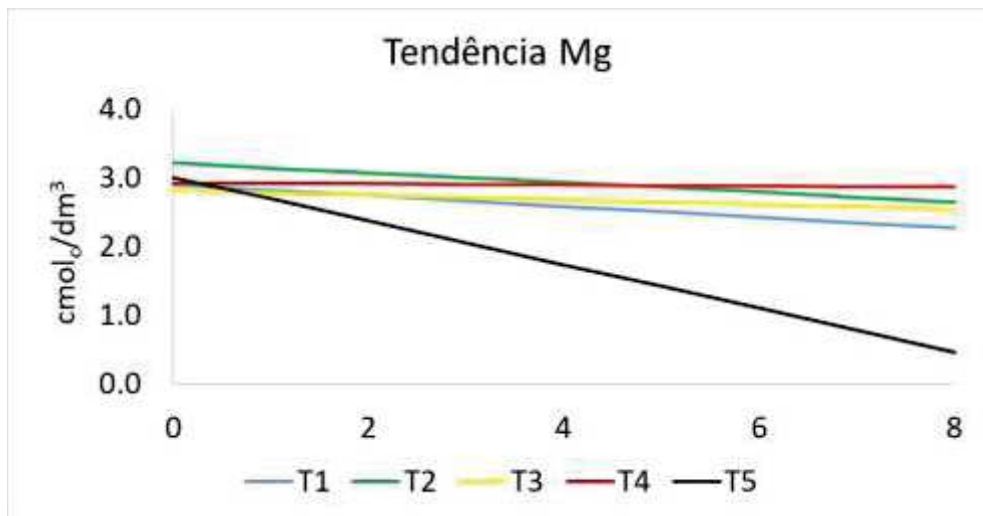


870

871 **Figura 12.** Valores observados de Mg durante o período de avaliação. T1- SPD com utilização
 872 de plantas de cobertura (crotalária ou feijão de porco no verão e aveia consorciada com ervilhaca no
 873 inverno) com adubação orgânica (composto de capim elefante e cama de aviário); T2 - SPD em área
 874 com vegetação espontânea e com adubação orgânica; T3 - SPD com cobertura de palha em toda área,
 875 permanecendo assim até a colheita (palha de arroz e capim elefante triturado) e adubação orgânica;
 876 T4 - SPC com adubação orgânica aplicada em sulco de 30 cm de largura; T5 - SPC com adubação química
 877 (ureia, cloreto de potássio e superfosfato triplo), em sulco de 30 cm de largura, aos 15 e 35 dias após o
 878 plantio, e aplicação de ureia de cobertura na formação da cabeça de repolho.

879

880



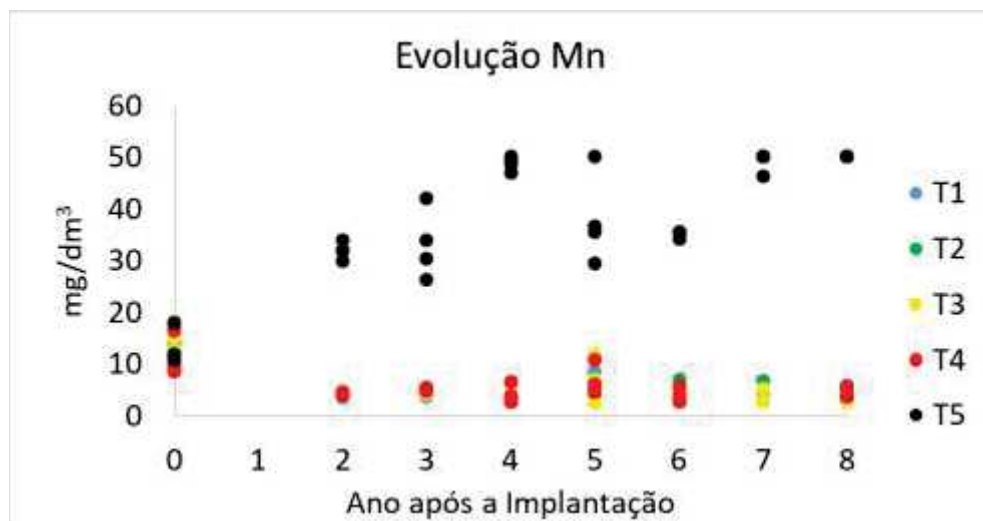
881

882 **Figura 33.** Curvas de tendência da Mg durante o período de avaliação. T1- SPD com utilização
 883 de plantas de cobertura (crotalária ou feijão de porco no verão e aveia consorciada com ervilhaca no
 884 inverno) com adubação orgânica (composto de capim elefante e cama de aviário); T2 - SPD em área
 885 com vegetação espontânea e com adubação orgânica; T3 - SPD com cobertura de palha em toda área,
 886 permanecendo assim até a colheita (palha de arroz e capim elefante triturado) e adubação orgânica;
 887 T4 - SPC com adubação orgânica aplicada em sulco de 30 cm de largura; T5 - SPC com adubação química
 888 (ureia, cloreto de potássio e superfosfato triplo), em sulco de 30 cm de largura, aos 15 e 35 dias após o
 889 plantio, e aplicação de ureia de cobertura na formação da cabeça de repolho.

890

891

892 Para o manganês, os tratamentos com adubação orgânica tiveram evolução e tendência
 893 diferentes do tratamento com adubação mineral Tabela 5 e figuras 14 e 15, apenas no T5 ocorreu
 894 o aumento desta substância. A presença deste nutriente está possivelmente associada ao
 895 processo de acidificação. O manganês participa de diversas reações bioquímicas atuando como
 896 ativador de enzimas envolvidas nos processos de respiração e na síntese de aminoácidos e
 897 lignina (TRANI et al., 2014). A acidez do solo, por sua vez, é um fator limitante no crescimento
 898 e no desenvolvimento de plantas cultiváveis, como já citado anteriormente, entre os problemas
 899 de um solo ácido, destacam se a menor disponibilidade de nutrientes essenciais, em especial
 900 fósforo e molibdênio, e a possibilidade de íons altamente solúveis em solos com baixo pH,
 901 como alumínio e manganês, atingirem níveis tóxicos às plantas (SILVA et al., 2009;
 902 CAVALCANTE et al., 2016).

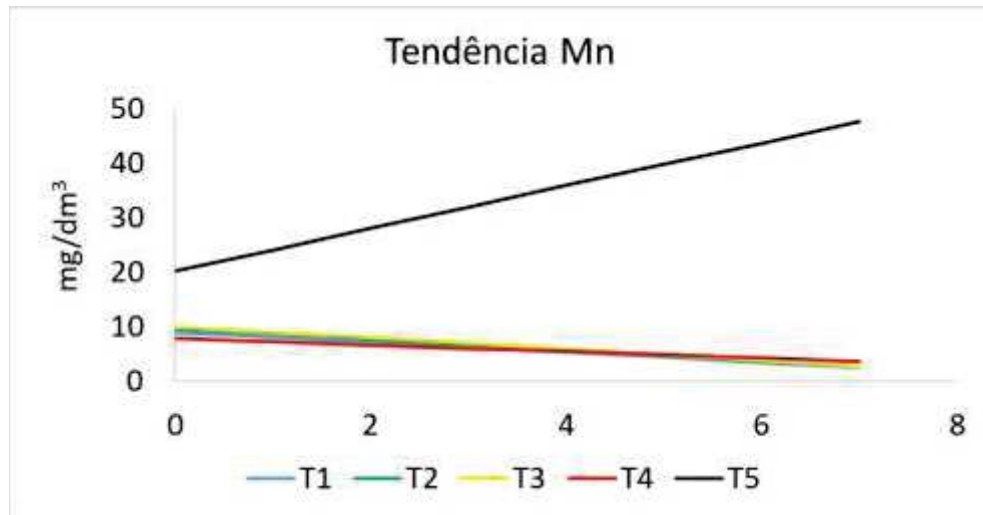


904

905 **Figura 4.** Valores observados de Mn durante o período de avaliação. T1- SPD com
 906 utilização de plantas de cobertura (crotalária ou feijão de porco no verão e aveia consorciada com
 907 ervilhaca no inverno) com adubação orgânica (composto de capim elefante e cama de aviário); T2 - SPD
 908 em área com vegetação espontânea e com adubação orgânica; T3 - SPD com cobertura de palha em toda
 909 área, permanecendo assim até a colheita (palha de arroz e capim elefante triturado) e adubação orgânica;
 910 T4 - SPC com adubação orgânica aplicada em sulco de 30 cm de largura; T5 - SPC com adubação
 911 química (ureia, cloreto de potássio e superfosfato triplo), em sulco de 30 cm de largura, aos 15 e 35 dias
 912 após o plantio, e aplicação de ureia de cobertura na formação da cabeça de repolho.

913

914



915

916 **Figura 15.** Curvas de tendência da Mn durante o período de avaliação. T1- SPD com
 917 utilização de plantas de cobertura (crotalária ou feijão de porco no verão e aveia consorciada com
 918 ervilhaca no inverno) com adubação orgânica (composto de capim elefante e cama de aviário); T2 - SPD
 919 em área com vegetação espontânea e com adubação orgânica; T3 - SPD com cobertura de palha em toda
 920 área, permanecendo assim até a colheita (palha de arroz e capim elefante triturado) e adubação orgânica;
 921 T4 - SPC com adubação orgânica aplicada em sulco de 30 cm de largura; T5 - SPC com adubação
 922 química (ureia, cloreto de potássio e superfosfato triplo), em sulco de 30 cm de largura, aos 15 e 35 dias
 923 após o plantio, e aplicação de ureia de cobertura na formação da cabeça de repolho.

924

925

926

927

928

929

930

931

932

933

934

935

936

937

938

939

940

941

A produtividade do repolho nos primeiros anos de cultivo, 2007 e 2008, foi baixa em todos os tratamentos, mas um pouco superior sob SPC tanto com adubação química como orgânica, apesar de nos primeiros anos os solos das cinco áreas terem condições químicas similares. A ação de revolvimento do solo e aplicação de adubos, provavelmente favoreceu a liberação mais rápida dos nutrientes para as plantas de repolho, proporcionando maior produtividade no SPC com adubação química. No T5, com SPC e adubação química, o peso médio das cabeças de repolho foi de 2,88 e 2,91 Kg nos anos de 2007 e 2008 respectivamente, e no T4 com SPC e adubação orgânica o peso médio foi de 2,85 e 2,87 Kg. Já nos tratamentos T1, T2 e T3 com SPD o peso médio das cabeças foi menor, sendo no T1 com plantas de cobertura o peso médio foi de 2,45 Kg e 2,49, no T2 com roçada de vegetação nativa 2,22 e 2,27 Kg e no T3 com cobertura de palha foi de 2,120 e 2,217 Kg.

Com o desenvolvimento das avaliações ao longo dos anos, a produtividade do repolho foi aumentando nos tratamentos com SPD e adubação orgânica e SPD com adubação mineral e diminuindo no tratamento com SPC e adubação mineral. Ao final de dez anos nos anos de 2015 e 2016, a menor produtividade foi registrada no T5 com SPC e adubação mineral, com peso médio das cabeças de 1,78 e 1,85 Kg, respectivamente. O melhor resultado foi no T3 com

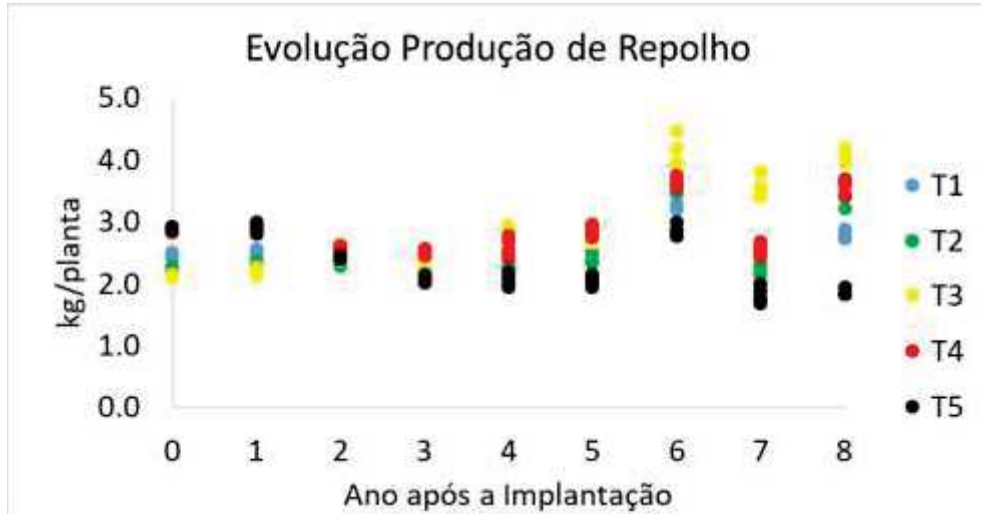
942 SPD com cobertura de palha e adubação orgânica, que foi de 3,56 e 3,93 Kg no último registro
943 de produtividade.

944 Na condução das culturas econômicas, no SPD, o produtor deve ter certa paciência,
945 pois neste sistema o desenvolvimento inicial das plantas é mais lento que no SPC, o que pode
946 induzir o produtor a colocar mais adubo. Este crescimento mais lento é desejável para que a
947 planta desenvolva uma boa quantidade de raízes e forme seus tecidos sem deixar “falhas” para
948 entrada para as doenças, pois no SPD se busca a saúde da planta (SILVEIRA, 2007).
949 Comparando a produtividade de repolho em SPD e SPC, Perin et al. (2015) concluíram que
950 unidades de repolho em SPD proporcionaram um aumento de 21% de diâmetro e 46% no peso.

951 A hipótese mais robusta para a mudança no rendimento de repolho ao longo dos dez
952 anos do trabalho está correlacionada com a mudança na qualidade do solo nos diferentes
953 tratamentos. A primeira análise do solo realizada em 2006 nas cinco áreas dos tratamentos
954 comprovou que as áreas eram estatisticamente iguais nas avaliações químicas dos nutrientes.
955 Ao longo dos dez anos de cultivo, as análises do solo de cada tratamento demonstraram
956 diferenças significativas nos resultados principalmente para, V%, pH, Mn, Mg e H⁺Al, CTC_{pH7}
957 e MO, com melhor resultado nos tratamentos com adubação orgânica.

958 A rentabilidade dos tratamentos com fontes de adubação orgânica T1, T2, T3 e T4 foi
959 superior àquele do tratamento com adubação mineral T5, conforme podemos verificar na
960 Tabela 5 e nas figuras 16 e 17. De Oliveira et al. (2010), avaliando fontes de adubação orgânica
961 e mineral na produção de hortaliças folhosas, verificaram maior produtividade nos tratamentos
962 com adubação orgânica. A resposta das plantas olerícolas a adubação é influenciada por vários
963 fatores como, espécie cultivada, clima, tipo de solo, fonte de nutrientes utilizada na adubação,
964 entre outros. A adubação apenas com produtos químicos ou sintéticos nem sempre proporciona
965 os melhores resultados na produção e na qualidade dos frutos, folhas e raízes das hortaliças,
966 havendo casos em que as hortaliças têm decréscimo em sua produção e na qualidade
967 (ANDRADE et al., 2012).

968

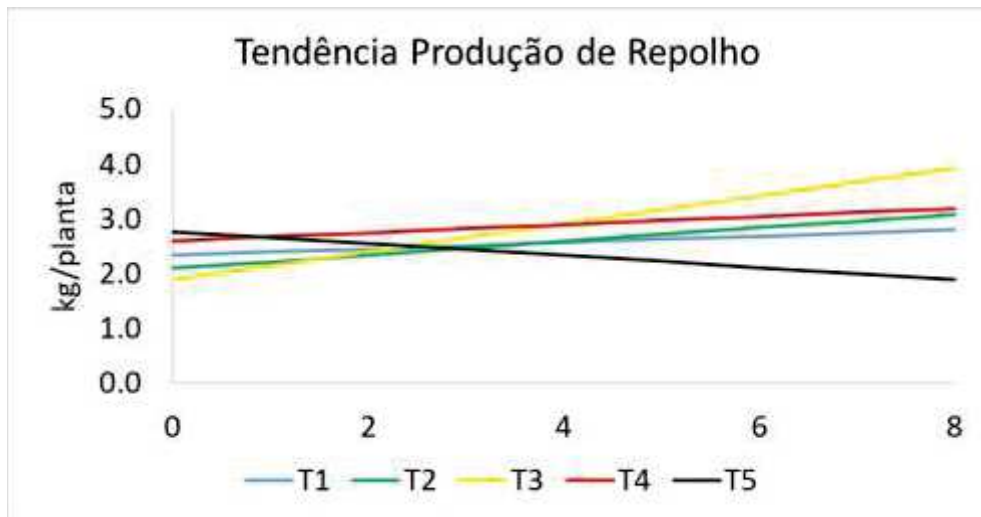


969

970 **Figura 16.** Valores observados de evolução da produção de repolho durante o período de
 971 avaliação. T1- SPD com utilização de plantas de cobertura (crotalária ou feijão de porco no verão e
 972 aveia consorciada com ervilhaca no inverno) com adubação orgânica (composto de capim elefante e
 973 cama de aviário); T2 - SPD em área com vegetação espontânea e com adubação orgânica; T3 - SPD
 974 com cobertura de palha em toda área, permanecendo assim até a colheita (palha de arroz e capim elefante
 975 triturado) e adubação orgânica; T4 - SPC com adubação orgânica aplicada em sulco de 30 cm de largura;
 976 T5 - SPC com adubação química (ureia, cloreto de potássio e superfosfato triplo), em sulco de 30 cm de
 977 largura, aos 15 e 35 dias após o plantio, e aplicação de ureia de cobertura na formação da cabeça de
 978 repolho.

979

980



981

982 **Figura 17.** Curvas de tendência da produção de repolho durante o período de avaliação. T1-
 983 SPD com utilização de plantas de cobertura (crotalária ou feijão de porco no verão e aveia consorciada
 984 com ervilhaca no inverno) com adubação orgânica (composto de capim elefante e cama de aviário); T2
 985 - SPD em área com vegetação espontânea e com adubação orgânica; T3 - SPD com cobertura de palha
 986 em toda área, permanecendo assim até a colheita (palha de arroz e capim elefante triturado) e adubação
 987 orgânica; T4 - SPC com adubação orgânica aplicada em sulco de 30 cm de largura; T5 - SPC com
 988 adubação química (ureia, cloreto de potássio e superfosfato triplo), em sulco de 30 cm de largura,
 989 aos 15 e 35 dias após o plantio, e aplicação de ureia de cobertura na formação da cabeça de repolho.

990

991

992

993 **6.3.2 Análise de Regressão Linear e Identidade das Curvas de Resposta - Variáveis**994 **Componente Manejo da Cobertura do Solo (CP2)**

995 Os parâmetros de ajuste e coeficientes dos modelos, e a comparação dos coeficientes
 996 entre os tratamentos são apresentados na Tabela 6. As estatísticas do ajuste e a comparação dos
 997 coeficientes do modelo para a matéria orgânica do solo (MOS) revelaram a inexistência de
 998 impactos relevantes dos sistemas avaliados sobre a evolução do acúmulo de carbono no solo
 999 durante o período de cultivo, contrastando com os resultados observados na análise de
 1000 componentes principais, havendo pouca variação entre os valores iniciais e finais da variável
 1001 figuras 18 e 19. Esta divergência pode ser atribuída à diferença entre os parâmetros e
 1002 pressuposições assumidas nos dois métodos de análise, e à maior dimensão dos dados utilizados
 1003 nos testes de hipóteses, o que torna mais robustos os resultados observados nas análises de
 1004 regressão e identidade dos modelos.

1005 Para a variável CTC_{pH7} , observou-se um comportamento semelhante ao verificado para
 1006 as variáveis de solo associadas ao componente de acidez, com clara distinção de três padrões
 1007 figuras 20 e 21, conforme pode ser verificado pela comparação dos coeficientes angulares dos
 1008 modelos Tabela 6. O primeiro está relacionado ao sistema SPD com manutenção da palha como
 1009 cobertura do solo, o qual promoveu melhoria no sistema coloidal do solo. O segundo se refere
 1010 aos demais sistemas com aplicação de fertilizantes orgânicos, os quais não promoveram
 1011 variações na variável durante o período, como pode ser observado pela ausência de significância
 1012 dos seus respectivos coeficientes angulares Tabela 6. O terceiro padrão diz respeito ao
 1013 tratamento com aplicação de fertilizantes químicos sintéticos, o qual promoveu prejuízos ao
 1014 sistema coloidal do solo.

1015

1016 **Tabela 6.** Coeficientes de determinação ajustado ($R^2_{Ajustado}$), estimativas dos coeficientes linear (A) e
 1017 angular (B) e suas respectivas significâncias ($p | t |$), e comparação dos coeficientes entre tratamento
 1018 (letras) pela análise de identidade dos modelos.

Tratamento	$R^2_{Ajustado}$	A*	p t	B*	p t
MO					
T1	-0.03	2.72	a <0.01	0.00	a ns
T2	0.01	3.06	a <0.01	-0.03	a ns
T3	0.00	2.91	a <0.01	0.06	a ns
T4	0.09	2.87	a <0.01	-0.05	a 0.04
T5	0.00	2.56	a <0.01	0.04	a ns
CTC_{pH7}					
T1	-0.02	12.32	b <0.01	0.04	b ns

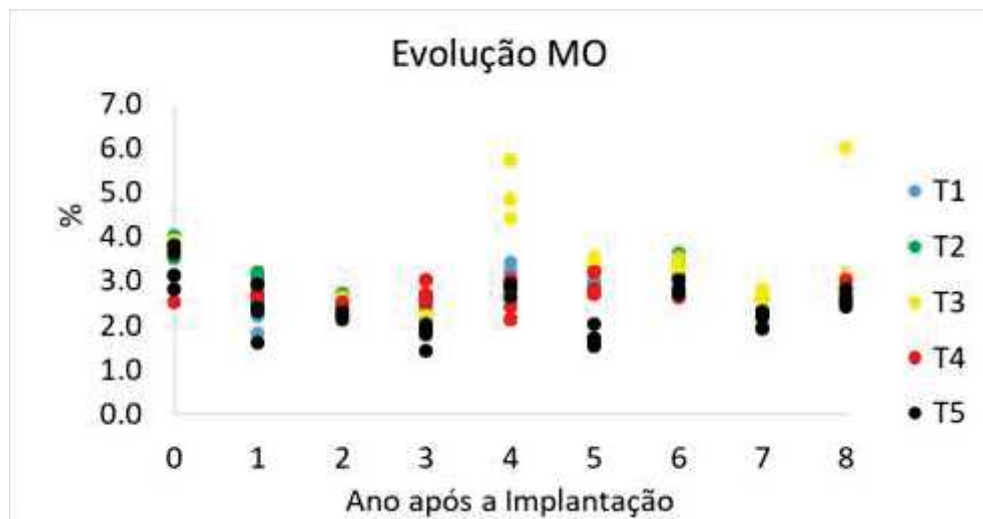
T2	-0.01	14.34	a <0.01	-0.07	b	ns
T3	0.18	11.29	b <0.01	0.65	a	<0.01
T4	0.07	12.65	b <0.01	0.14	b	ns
T5	0.21	12.01	b <0.01	-0.32	c	<0.01

1019 T1- SPD com utilização de plantas de cobertura (crotalária ou feijão de porco no verão e aveia
 1020 consorciada com ervilhaca no inverno) com adubação orgânica (composto de capim elefante e cama de
 1021 aviário); T2 - SPD em área com vegetação espontânea e com adubação orgânica; T3 - SPD com
 1022 cobertura de palha em toda área, permanecendo assim até a colheita (palha de arroz e capim elefante
 1023 triturado) e adubação orgânica; T4 - SPC com adubação orgânica aplicada em sulco de 30 cm de largura;
 1024 T5 - SPC com adubação química (ureia, cloreto de potássio e superfosfato triplo), em sulco de 30 cm de
 1025 largura, aos 15 e 35 dias após o plantio, e aplicação de ureia de cobertura na formação da cabeça de
 1026 repolho.

1027

1028 Comparando T3 com T5 figuras 18 e 19 ocorre uma tendência de acréscimo da matéria
 1029 orgânica em T3 e declínio em T5, indicando que a adubação orgânica associada a cobertura
 1030 com palha de arroz tende a melhorar a matéria orgânica a longo prazo e o SPC associado a
 1031 adubação mineral tende a declinar a matéria orgânica no solo. No SPC as práticas de
 1032 revolvimento do solo (aração e enxada rotativa) resultam em elevada perturbação do solo,
 1033 causando a ruptura dos agregados do solo, com exposição da matéria orgânica antes protegida
 1034 fisicamente no interior dos agregados, proporcionando menores teores de COT na camada
 1035 superficial do solo (LOSS et al., 2015, COMIN et al., 2018).

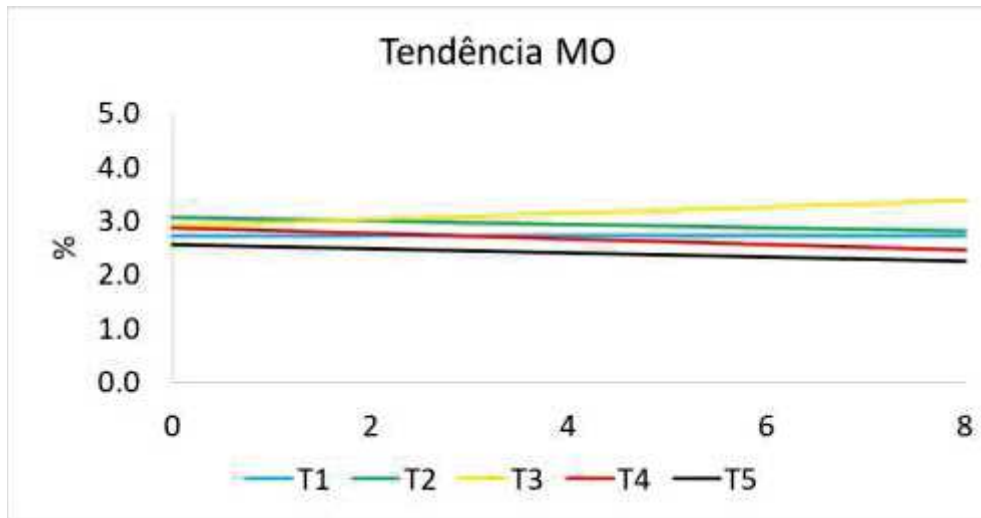
1036



1037

1038 **Figura 58.** Valores observados de matéria orgânica (MO) durante o período de avaliação. T1-
 1039 SPD com utilização de plantas de cobertura (crotalária ou feijão de porco no verão e aveia consorciada
 1040 com ervilhaca no inverno) com adubação orgânica (composto de capim elefante e cama de aviário); T2
 1041 - SPD em área com vegetação espontânea e com adubação orgânica; T3 - SPD com cobertura de palha
 1042 em toda área, permanecendo assim até a colheita (palha de arroz e capim elefante triturado) e adubação
 1043 orgânica; T4 - SPC com adubação orgânica aplicada em sulco de 30 cm de largura; T5 - SPC com
 1044 adubação química (ureia, cloreto de potássio e superfosfato triplo), em sulco de 30 cm de largura, aos
 1045 15 e 35 dias após o plantio, e aplicação de ureia de cobertura na formação da cabeça de repolho.

1046
1047



1048

1049

Figura 19. Curvas de tendência da matéria orgânica (MO) durante o período de avaliação.

1050

T1- SPD com utilização de plantas de cobertura (crotalária ou feijão de porco no verão e aveia

1051

consorciada com ervilhaca no inverno) com adubação orgânica (composto de capim elefante e cama de

1052

aviário); T2 - SPD em área com vegetação espontânea e com adubação orgânica; T3 - SPD com

1053

cobertura de palha em toda área, permanecendo assim até a colheita (palha de arroz e capim elefante

1054

triturado) e adubação orgânica; T4 - SPC com adubação orgânica aplicada em sulco de 30 cm de largura;

1055

T5 - SPC com adubação química (ureia, cloreto de potássio e superfosfato triplo), em sulco de 30 cm de

1056

largura, aos 15 e 35 dias após o plantio, e aplicação de ureia de cobertura na formação da cabeça de

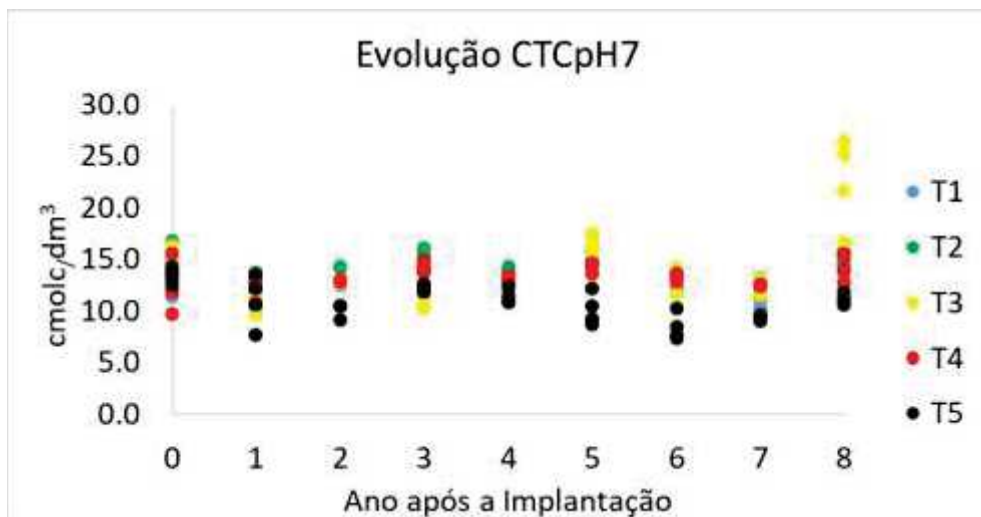
1057

repolho.

1058

1059

1060



1061

1062

Figura 20. Valores observados de CTC Potencial (CTC_{PH7}) durante o período de avaliação.

1063

T1- SPD com utilização de plantas de cobertura (crotalária ou feijão de porco no verão e aveia

1064

consorciada com ervilhaca no inverno) com adubação orgânica (composto de capim elefante e cama de

1065

aviário); T2 - SPD em área com vegetação espontânea e com adubação orgânica; T3 - SPD com

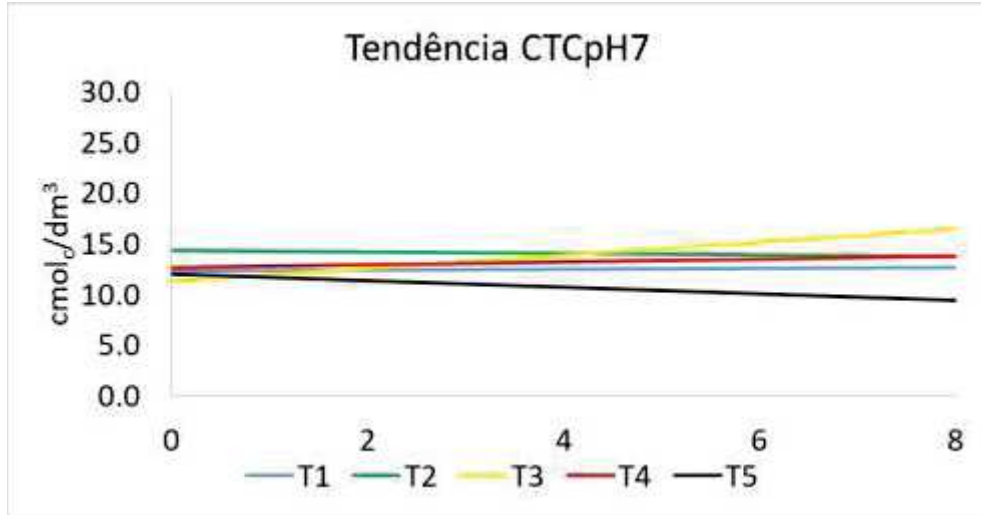
1066

cobertura de palha em toda área, permanecendo assim até a colheita (palha de arroz e capim elefante

1067

triturado) e adubação orgânica; T4 - SPC com adubação orgânica aplicada em sulco de 30 cm de largura;

1068 T5 - SPC com adubação química (ureia, cloreto de potássio e superfosfato triplo), em sulco de 30 cm de
 1069 largura, aos 15 e 35 dias após o plantio, e aplicação de ureia de cobertura na formação da cabeça de
 1070 repolho.
 1071
 1072



1073

1074 **Figura 21.** Curvas de tendência da CTC_{pH7} (MO) durante o período de avaliação. T1-
 1075 SPD com utilização de plantas de cobertura (crotalária ou feijão de porco no verão e aveia consorciada
 1076 com ervilhaca no inverno) com adubação orgânica (composto de capim elefante e cama de aviário); T2
 1077 - SPD em área com vegetação espontânea e com adubação orgânica; T3 - SPD com cobertura de palha
 1078 em toda área, permanecendo assim até a colheita (palha de arroz e capim elefante triturado) e adubação
 1079 orgânica; T4 - SPC com adubação orgânica aplicada em sulco de 30 cm de largura; T5 - SPC com
 1080 adubação química (ureia, cloreto de potássio e superfosfato triplo), em sulco de 30 cm de largura, aos
 1081 15 e 35 dias após o plantio, e aplicação de ureia de cobertura na formação da cabeça de repolho.
 1082
 1083

1084 7 CONCLUSÃO

1085 O SPD e o SPC com adubação orgânica favoreceram a fertilidade química do solo,
 1086 verificado pelos parâmetros CTC_{pH7}, V% e Mg.

1087 O SPC com adubação mineral provocou acidificação do solo evidenciado pelos
 1088 parâmetros pH, H+Al e Mn.

1089 Os manejos com adubação orgânica tiveram melhores rendimentos da cultura repolho
 1090 em comparação ao manejo com adubação mineral.

1091 O Sistema de Plantio Direto SPD com cobertura de palha e adubação orgânica
 1092 melhorou o rendimento do repolho.

1093

1094

1095 **8 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

1096 Em pesquisa desenvolvida no mesmo experimento Santos (2020), analisando os
1097 mesmos cinco tratamentos, avaliando a agregação do solo e os indicadores químicos de
1098 qualidade solo, Matéria Orgânica Leve (MOL), Carbono Orgânico Total (COT), Particulado
1099 (COp) e Associado aos Minerais (COam), teores de P, K, Ca e Mg, concluiu que, o SPD
1100 melhora a qualidade do solo em comparação ao SPC. Nesta mesma pesquisa o autor analisou e
1101 avaliação participativa de indicadores de qualidade do solo, estes que corroboraram com os
1102 resultados de qualidade química. Portanto, estas avaliações de qualidade do solo reforçam os
1103 resultados apresentados nesta dissertação.

1104 Esta pesquisa de longa duração demonstrou que os resultados de curto prazo podem se
1105 transformar com desenvolvimento do experimento. Ratificando e justificando a importância do
1106 desenvolvimento experimentos com essas características.

1107 Todos tratamentos com adubação orgânica tiveram uma evolução e tendência de
1108 melhoria no rendimento do repolho, demonstrando a importância desta adubação para
1109 constituição de um agroecossistema produtivo em médio e longo prazo.

1110 O tratamento que se destacou positivamente foi o T3 - SPD com cobertura de palha em
1111 toda área, permanecendo assim até a colheita (palha de arroz e capim elefante triturado) e
1112 adubação orgânica, estima-se que esse resultado seja atribuído a manutenção permanente da
1113 camada de palha, responsável pela manutenção da humidade e liberação gradual de nutrientes,
1114 favorecendo a atividade biológica e disponibilidade de nutrientes na solução do solo. Estratégia
1115 essa semelhante à da floresta ombrófila densa da mata atlântica, que mantém permanentemente
1116 a camada de serapilheira sobre o solo, sistema este fundamental para sua alta produção de
1117 biomassa por hectare.

1118

1119

1120

1121 **9 REFERÊNCIAS**

1122

1123 ALCÂNTARA, Flávia Aparecida de et al. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um
1124 Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 277-288,
1125 2000.

1126

1127 ANDRADE, Elysson Marcks Gonçalves et al. Adubação orgânomineral em hortaliças folhosas,
1128 frutos e raízes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 3, p.
1129 2, 2012.

1130

1131 ALTIERI, Miguel A. et al. Aumento do rendimento dos cultivos através da supressão de
1132 plantas espontâneas em sistemas de plantio direto orgânico em Santa Catarina,
1133 Brasil. **Agroecología**, v. 7, n. 1, p. 63-71, 2012.

1134

1135 ASMAR JUNIOR, João. Utilização dos atributos químicos como indicadores da qualidade do
1136 solo na bacia hidrográfica do Rio das Almas na região de Goianésia, Estado de Goiás. 2019.

1137

1138 ALVARENGA, Ramon Costa et al. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio
1139 direto. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2001.

1140

1141 ALVES, Marlene Cristina; SUZUKI, Luis Eduardo A. Sanches. Influência de diferentes
1142 sistemas de manejo do solo na recuperação de suas propriedades físicas. **Acta Scientiarum.**
1143 **Agronomy**, v. 26, n. 1, p. 27-34, 2004.

1144

1145 BLANCO-CANQUI, Humberto; LAL, Rattan. Mecanismos de sequestro de carbono em
1146 agregados do solo. **Critical reviews in plant sciences**, v. 23, n. 6, pág. 481-504, 2004.

1147

1148 BATISTA, Marcelo Augusto et al. Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição
1149 mineral. **BRANDÃO-FILHO, JUT; FREITAS, PSL; BERIAN, LOS; GOTO, R.**
1150 **Hortaliças-fruto. Maringá: EDUEM**, p. 113-161, 2018.

1151

1152 BRADY, Nyle C.; WEIL, Ray R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Bookman
1153 Editora, 2009.

1154

1155 BRAZ, Antônio Joaquim Braga Pereira et al. Acumulação de nutrientes em folhas de milheto
1156 e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n. 2, p. 83-87,
1157 2004.

1158

1159 BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; COSTA, C. Desenvolvimento da cultura do milho em
1160 consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Energia na Agricultura**, v.
1161 21, n. 3, p. 19-33, 2006.

1162

1163 BROWN, Vinicius et al. Efeitos no solo e nas culturas após vinte anos de cultivo convencional
1164 e semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 1, p. 5501, 2018.

1165

1166 BRUNETTO, Gustavo et al. Manejo da fertilidade de solos em pomares de frutíferas de clima
1167 temperado. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no**

- 1168 **sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**
1169 **[recurso eletrônico]. Cap. 9, p. 141-158, 2016.**
1170
- 1171 CALVO, Cássio Loureiro; FOLONI, José Salvador Simoneti; BRANCALIÃO, Sandro
1172 Roberto. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-
1173 anão, milho e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, 69: 77-86, 2010.
1174
- 1175 CARDOSO, E. J. B. N.; VASCONCELLOS, R. L. F.; BINI, D.; MIYAUCHI, M. Y.
1176 H.; SANTOS, C. A.; ALVES, P. R. L.; PAULA, A. M.; NAKATANI, A. S.; PEREIRA,
1177 J. M.; NOGUEIRA, M. A. Soil health: looking for suitable indicators. What should be
1178 considered to assess the effects of use and management on soil health? **Scientia Agricola**, v.
1179 70, n. 4, p. 274–289, 2013.
1180
- 1181 CASSOL, Paulo Cezar et al. Disponibilidade de macronutrientes e rendimento de milho em
1182 Latossolo fertilizado com dejetos suíno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, p.
1183 1911-1923, 2012.
1184
- 1185 CASSOL, Silmara Patrícia; LENHARDT, Enéias Roberto; GABRIEL, Vilson José.
1186 Caracterização dos estádios fenológicos e a exigência de adubação do repolho. **Ciências**
1187 **agroveterinárias e alimentos**, v. 2, p. 1-12, 2017.
1188
- 1189 CAVALCANTE, Kellison Lima; DEON, Magnus Dall'Igna; DA SILVA, Héliida Karla
1190 Philippini. Acidez e matéria orgânica de solo irrigado com efluente de estações de tratamento
1191 de esgoto de Petrolina-PE. **Revista Semiárido De Visu**, v. 4, n. 3, p. 181-189, 2016.
1192
- 1193 CERETTA, Carlos Alberto, et al. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais
1194 de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**,
1195 v. 32, p. 49-54. 2002
1196
- 1197 COELHO, MEH. **Manejo de plantas daninhas sobre a temperatura do solo, eficiência no**
1198 **uso da água e crescimento da cultura do pimentão nos sistemas de plantio direto e**
1199 **convencional. 2011.108 f.** 2011. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-
1200 Universidade Federal Rural do Semi-Árido-UFERSA-Mossoró.
1201
- 1202 COMIN, J. J.; BARLOY, J. ; BOURRIÉ, G. ; TROLARD, F. . Differentiated effects monomeric
1203 and polymeric aluminium on the root growth and on the biomass production of root and shoot
1204 of corn in culture solution. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam - The Netherlands,
1205 v. 11, p. 115-122, 1999.
1206
- 1207 COMIN, J. J.; BARLOY, J. ; HALLAIRE, V. ; ZANETTE, F. ; Miller, P. R. M. . Effects of
1208 aluminium on the adventitious root system, aerial biomass and grain yield of maize grown in
1209 the field and in a rhizotron. **Experimental Agriculture**, v. 42, n.3, p. 351-366, 2006.
1210
- 1211 COMIN, J. J.; Ferreira, L. B. ; SANTOS, L. H. ; Koucher, L. P. ; Machado, L. N. ; Santos
1212 Junior, E. ; Mafra, Alvaro Luiz ; Kurtz, C. ; Souza, M. ; Brunetto, Gustavo ; LOSS, Arcângelo
1213 . Carbon and nitrogen contents and aggregation index of soil cultivated with onion for seven
1214 years using crop successions and rotations. **SOIL & TILLAGE RESEARCH**, v. 184, p. 195-
1215 202, 2018.
1216

- 1217 COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS-RS/SC. Manual de
1218 adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Núcleo Regional
1219 Sul-Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Porto Alegre, v. 400. 2004.
- 1220 COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS-RS/SC. Manual de calagem
1221 e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre, Sociedade
1222 Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 376p. 2016.
1223
- 1224 COSTA, Haylla Souza et al. Indicadores químicos de qualidade de solos em diferentes
1225 coberturas vegetais e sistemas de manejo. 2019.
1226
- 1227 DA COSTA, A. F. et al. Análise de custos da produção de repolho em dois municípios do
1228 Espírito Santo, Brasil. 2019.
1229
- 1230 DA SILVA, Mariana Pina et al. Plantas de cobertura e qualidade química e física de Latossolo
1231 Vermelho distrófico sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 1,
1232 p. 60-67, 2017.
1233
- 1234 DAROLT, Moacir Roberto; SKORA NETO, Francisco. Sistema de plantio direto em
1235 agricultura orgânica. **Revista Plantio Direto**, v. 70, n. 1, p. 28-30, 2002.
1236
- 1237 DE CARVALHO, Patrícia GB et al. Hortaliças como alimentos funcionais. **Horticultura
1238 Brasileira**, v. 24, n. 4, p. 397-404, 2006.
1239
- 1240 DE FREITAS, Ludmila et al. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes
1241 sistemas de manejo. **Revista Unimar Ciências**, v. 26, n. 1-2, 2017.
1242
- 1243 DEL PINO, BRUNO SCHEFFER; GONZALES, HERCULES; GIOVANA, FÁTIMA.
1244 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE QUÍMICA DO SOLO SOB PRODUÇÃO DE
1245 HORTALIÇAS E VEGETAÇÃO NATIVA EM SISTEMA DE PRODUÇÃO DE BASE
1246 ECOLÓGICA CONDUZIDO PELO GRUPO DE AGROECOLOGIA (GAE–UFPEL).
1247
- 1248 DE OLIVEIRA, Eliane Q. et al. Produtividade de alface e rúcula, em sistema consorciado, sob
1249 adubação orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 1, p. 36-40, 2010.
1250
- 1251 DE OLIVEIRA SILVA, Michelangelo et al. Indicadores químicos e físicos de qualidade do
1252 solo. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 47838-47855, 2020.
1253
- 1254 DERPSCH, Rolf et al. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of
1255 its main benefits. **International journal of agricultural and biological engineering**, v. 3, n.
1256 1, p. 1-25, 2010.
1257
- 1258 ECHART, Cinara Lima; CAVALLI-MOLINA, Suzana. Fitotoxicidade do alumínio: efeitos,
1259 mecanismo de tolerância e seu controle genético. **Ciência Rural**, v. 31, p. 531-541, 2001.
1260
- 1261 FALCÃO, Jales Viana et al. Qualidade do solo cultivado com morangueiro sob manejo
1262 convencional e orgânico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 4, p. 450-459, 2013.
1263

- 1264 FAGERIA, Nand Kumar et al. **Maximização da eficiência de produção das culturas**.
1265 Embrapa Comunicação para Transferência Tecnologia, 1999.
1266
- 1267 FAGERIA, Nand Kumar; STONE, Luís Fernando. Produtividade de feijão no sistema plantio
1268 direto com aplicação de calcário e zinco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 1, p. 73-
1269 78, 2004.
1270
- 1271 FAGUNDES, Marla Oliveira et al. Qualidade de um latossolo sob plantio convencional e
1272 sistema plantio direto no cerrado baiano, Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências**
1273 **Ambientais**, v. 10, n. 3, p. 281-297, 2019.
1274
- 1275 FAOSTAT. Countries by commodity 2017. Disponível em:
1276 http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity>. Acesso em: 08 jan.2021
1277
- 1278 FAVARATO, Luiz Fernando et al. Atributos químicos do solo com diferentes plantas de
1279 cobertura em sistema de plantio direto orgânico. 2016.
1280
- 1281 FAVARIN, José Laércio et al. Correção do magnésio no solo é essencial ao cafeeiro. **Revista**
1282 **Visao Agricola**, v. 12, p. 76-8, 2013.
1283
- 1284 FAYAD, Jamil Abdalla; COMIN, Jucinei José; BERTOL, Ildegardis. Sistema de Planto Direto
1285 de Hortaliças (SPDH): Cultvo da moranga híbrida Tetsukabuto. **Boletim Didático**, p. 54-54,
1286 2015.
1287
- 1288 FERNANDES, André Luís Teixeira et al. Adubação orgânica do cafeeiro, com uso do esterco
1289 de galinha, em substituição à adubação mineral. 2013.
1290
- 1291 FERNANDES, Manlio Silvestred et al. **Nutrição mineral de plantas**. 2006.
1292 FONTANÉTTI, Anastácia et al. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e
1293 repolho. **Horticultura brasileira**, v. 24, n. 2, p. 146-150, 2006.
1294
- 1295 GIANELLO, C. **Princípios de fertilidade do solo**. UFRGS-Departamento de Solos, 1995.
1296 GOMES, A. da S. et al. Caracterização de indicadores da qualidade do solo, com ênfase às áreas
1297 de várzea do Rio Grande do Sul. **Embrapa Clima Temperado-Documents (INFOTECA-**
1298 **E)**, 2006.
1299
- 1300 GOMES, A. da S. et al. Caracterização de indicadores da qualidade do solo, com ênfase às áreas
1301 de várzea do Rio Grande do Sul. 2006.
1302
- 1303 GOMES, Marco Antonio Ferreira; FILIZOLA, Heloisa Ferreira. Indicadores físicos e químicos
1304 de qualidade de solo de interesse agrícola. **Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente**, p. 6, 2006.
1305
- 1306 HAZRA, Goutam. Different types of eco-friendly fertilizers: An overview. **Sustainability in**
1307 **Environment**, v. 1, n. 1, p. 54, 2016.
1308
- 1309 HECKLER, João Carlos; SALTON, Júlio Cesar. Palha: fundamento do Sistema Plantio
1310 Direto. **Embrapa Agropecuária Oeste-Sistema de Produção (INFOTECA-E)**, 2002.
1311

- 1312 HIGASHIKAWA, Fábio Satoshi; DE MENEZES JÚNIOR, Francisco Olmar Gervini.
1313 Adubação mineral, orgânica e organomineral: efeitos na nutrição, produtividade, pós-colheita
1314 da cebola e na fertilidade do solo. **Scientia agraria**, v. 18, n. 2, p. 1-10, 2017.
1315
- 1316 HILAH, Haroon et al. Accentuating the impact of inorganic and organic fertilizers on
1317 agriculture crop production: A review. **Ind. J. Pure App. Biosci**, v. 9, p. 36-45, 2020.
1318
- 1319 IMBANA, Rugana et al. Leguminosas como plantas de cobertura para melhoria da qualidade
1320 do solo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 16, n. 4, p. 351-
1321 357, 2021.
1322
- 1323 JAWTUSCH, Julia et al. Sustainability monitoring and assessment routine: results from pilot
1324 applications of the FAO SAFA guidelines. In: **Symposium International sur L'Agriculture
1325 Biologique Méditerranéenne et Les Signes Distinctifs de Qualité liée à l'Origine, 2-4
1326 Décembre 2013, Agadir, Morocco**. 2013.
1327
- 1328 JUNIOR, Edson Chambó Ruiz et al. Avaliação fitotécnica de plantas de repolho roxo cultivadas
1329 sob diferentes densidades e fontes de nitrogênio. **Revista Cultivando o Saber**, v. 5, n. 4, p.
1330 124-132, 2012.
1331
- 1332 KARLEN, D. L.; RICE, C. W. Soil degradation: Will humankind ever learn? **Sustainability**
1333 (Switzerland), 7(9):12490–12501, 2015.
1334
- 1335 KAZMIERCZAK, R. Indicadores físicos e químicos de qualidade do solo em sistemas
1336 de preparo. 2018. 102f. – Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual
1337 de Ponta Grossa.
1338
- 1339 KLEIN, Claudia; AGNE, Sandra Aparecida Antonini. Fósforo: de nutriente à
1340 poluente!. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, p. 1713-1721,
1341 2012.
1342
- 1343 KOEPPEN, W. Climatologia. México: Fundo de Cultura Economica, 1948. 466 p.
1344
- 1345 LAMAS, Fernando Mendes et al. Sistema plantio direto e convencional: efeito na produtividade
1346 de fibra de três cultivares de algodoeiro. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 3, n. 2, p. 34-
1347 40, 2016.
1348
- 1349 LEPSCH, Igo F. **19 lições de pedologia**. Oficina de textos, 2021.
1350
- 1351 LISBOA, Carolina Cardoso et al. Lixiviação de nitrato e amônio em Latossolo Vermelho
1352 distroférico. **Revista Brasileira De Ciências Agrárias**, v. 14, n. 2, p. 1-8, 2019.
1353
- 1354 LOPES, A. S.; SILVA, M. C.; GUILHERME, L. R. G. Acidez do solo e calagem. São Paulo,
1355 ANDA. 22p. **Boletim técnico**, v. 1, 1990.
1356
- 1357 LOPES, Alfredo Scheide; GUILHERME, Luiz Roberto Guimarães. Fertilidade do solo e
1358 produtividade agrícola. **Fertilidade do solo**, p. 2-64, 2007.
1359

- 1360 LOSS, Arcângelo et al. Atributos físicos do solo em cultivo de cebola sob sistemas de plantio
1361 direto e preparo convencional. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 11, n. 1, p.
1362 105-113, 2017.
1363
- 1364 LOSS, Arcângelo et al. Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto
1365 agroecológico e convencional de cebola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1212-
1366 1224, 2015.
1367
- 1368 LOSS, Arcângelo et al. Efeito da sucessão ou rotação de culturas sobre a fertilidade do solo
1369 após sete anos de cultivo com cebola. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 16587-
1370 16606, 2020.
1371
- 1372 MALAVOLTA, E. et al. Deficiências e excessos minerais no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.,
1373 cv. Carioca). **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 37, p. 701-718,
1374 1980.
1375
- 1376 MAROUELLI, Waldir Aparecido et al. Eficiência de uso da água e produção de repolho sobre
1377 diferentes quantidades de palhada em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45,
1378 p. 369-375, 2010.
1379
- 1380 MAROUELLI, Waldir Aparecido; SILVA, Henoque Ribeiro da; MADEIRA, Nuno Rodrigo.
1381 Uso de água e produção de tomateiro para processamento em sistema de plantio direto com
1382 palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1399-1404, 2006.
1383
- 1384 MELLEK, Jose Elias et al. Dejetos líquidos lácteos e plantio direto: propriedades físicas e
1385 hidráulicas e estoques de carbono em um Cambissolo do Sul do Brasil. **Soil and Tillage**
1386 **Research**, v. 110, n. 1, p. 69-76, 2010.
1387
- 1388 MELO, Raphael Augusto de C.; MADEIRA, Nuno R.; PEIXOTO, José Ricardo. Cultivo de
1389 brócolos de inflorescência única no verão em plantio direto. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p.
1390 23-28, 2010.
1391
- 1392 MICHAEL, Patrick S. ROLE OF ORGANIC FERTILIZERS IN THE MANAGEMENT OF
1393 NUTRIENT DEFICIENCY, ACIDITY, AND TOXICITY IN ACID SOILS—A
1394 REVIEW. **Journal of Global Agriculture and Ecology**, v. 12, n. 3, p. 19-30, 2021.
1395
- 1396 MOTTER, Paulino et al. Plantio direto: A tecnologia que revolucionou a agricultura
1397 brasileira. **Foz do Iguaçu: Parque Itaipu**, 2015.
1398
- 1399 MOTTER, Paulino et al. Plantio direto: A tecnologia que revolucionou a agricultura
1400 brasileira. **Foz do Iguaçu: Parque Itaipu**, 2015.
1401
- 1402 MORTATE, Roberto Kennedy et al. Resposta do milho (*Zea mays* L.) à adubação foliar e via
1403 solo de nitrogênio. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 1, p. 1-6, 2018.
1404
- 1405 NIERO, L. A. C. et al. Avaliações visuais como índice de qualidade do solo e sua validação
1406 por análises físicas e químicas em um Latossolo Vermelho distroférico com usos e manejos
1407 distintos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p.1271,1282, 2010.
1408

- 1409 NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais Viçosa. **MG:**
1410 **UFV**, 1999.
1411
- 1412 NUNES, Márcio Renato et al. Effect of seed drill with fixed shanks for deep action in soil under
1413 no-till. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 627-638, 2014.
1414
- 1415 OLIVEIRA, Fábio Luiz de et al. Desempenho do consórcio entre repolho e rabanete com pré-
1416 cultivo de crotalária, sob manejo orgânico. **Horticultura brasileira**, v. 23, n. 2, p. 184-188,
1417 2005.
1418
- 1419 PARHAM, J. A. et al. Long-term cattle manure application in soil. II. Effect on soil microbial
1420 populations and community structure. **Biology and Fertility of Soils**, v. 38, n. 4, p. 209-215,
1421 2003.
1422
- 1423 PERIN, Adriano et al. Decomposição da palhada e produção de repolho em sistema plantio
1424 direto. **Global Science and Technology**, v. 8, n. 2, 2015.
1425
- 1426 PERIN, Adriano, et al. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de
1427 nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária**
1428 **Brasileira**, v.39, p.35-40, 2004.
1429
- 1430 PERES, José G.; SOUZA, Claudinei F.; LAVORENTI, Norberto A. Avaliação dos efeitos da
1431 cobertura de palha de cana-de-açúcar na umidade e na perda de água do solo. **Engenharia**
1432 **Agrícola**, v. 30, p. 875-886, 2010.
1433
- 1434 PETERSEN, Paulo; TARDIN, José Maria; MAROCHI, Francisco. Desenvolvimento
1435 participativo de sistemas de plantio direto sem herbicidas para agricultura familiar: a
1436 experiência da região centro-sul do Paraná. *Meio Ambiente, Desenvolvimento e*
1437 *Sustentabilidade*, v. 1, n. 3, pág. 235-252, 1999.
1438
- 1439 PORTELA, E.; LOUZADA, J. Deficiências de magnésio em solos e culturas do Norte de
1440 Portugal. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 30, n. 2, p. 67-86, 2007.
1441
- 1442 PREZOTTI, L. C.; DE SOUZA, J. L.; PEREIRA, V. A. Monitoramento da fertilidade de solos
1443 no cultivo orgânico de hortaliças durante 20 anos.
1444
- 1445 PRIOR, Maritane et al. Acúmulo e percolação de fósforo no solo devido à aplicação de água
1446 residuária de suinocultura na cultura do milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de**
1447 **Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 2, n. 1, 2009.
1448
- 1449 RAFAEL PEREIRA RAMOS, Sandson; VIEIRA BARBOSA, Diogo. PLANTIO DIRETO.
1450 2016.
1451
- 1452 REIS FILGUEIRA, Fernando Antonio. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia**
1453 **moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Universidade Federal de
1454 Viçosa,, 2000.
1455

- 1456 RONQUIM, Carlos C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões
1457 tropicais. **Embrapa Territorial-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**,
1458 2010.
- 1459
- 1460 SALLES, Josiane Souza et al. Resposta da rúcula à adubação orgânica com diferentes
1461 compostos orgânicos. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 2, p. 35-40, 2017.
- 1462
- 1463 SANTOS, Thiago Stacowski dos et al. Uso de indicadores qualitativos e quantitativos para
1464 avaliar sistemas de manejo de solo. 2020.
- 1465
- 1466 SCHALLENBERGER, Euclides, José Angelo; CANTÚ, Rafael Ricardo. Avaliação da
1467 concentração e da relação de nutrientes na compostagem de diferentes matérias-
1468 primas. **Agropecuária Catarinense**, v. 28, n. 1, p. 78-82, 2015.
- 1469
- 1470 SCHALLENBERGER, E.; CANTÚ, RR; MORALES, RGF; VISCONTI, A.; SANTOS, TS.
1471 Sistema orgânico de produção em Sistema de Plantio Direto de Hortaliças - (SPDH) com
1472 cobertura de palha melhora a produtividade de repolho. In: ENCONTRO NACIONAL DE
1473 PLANTIO DIRETO NA PALHA, 17, 2020, resumos. Foz do Iguaçu, PR: Federação Brasileira
1474 de Plantio Direto e Irrigação, 2020.
- 1475
- 1476 SCHERER, Elói Erhard; NESI, Cristiano Nunes. Características químicas de um Latossolo sob
1477 diferentes sistemas de preparo e adubação orgânica. **Bragantia**, v. 68, p. 715-721, 2009.
- 1478
- 1479 SILVA, D. J. et al. Adubação orgânica e nitrogenada nas características químicas de um solo
1480 cultivado com videiras, 2016.
- 1481
- 1482 SILVA DELAZERI, João Victor et al. Desempenho agrônomo de milho e crotalária
1483 cultivados em sistemas solteiro e consorciado. **Ciencia del suelo**, v. 38, n. 2, p. 212-223, 2020.
- 1484
- 1485 SILVA, FABIO CESAR DA SILVA et al. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos,**
1486 **plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa
1487 Solos, 2009.
- 1488
- 1489 SILVA, Francineudo Alves et al. Milho para ensilagem cultivado nos sistemas de plantio direto
1490 e convencional sob efeito de veranico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 327-340,
1491 2015.
- 1492
- 1493 SILVA, J. Pimenta: Adubação orgânica. **Brasília-DF: Ageitec, Agência Embrapa de**
1494 **Informação Tecnológica**, 2012.
- 1495
- 1496 SILVEIRA, Júlio Cesar da. Sistema de plantio direto de hortaliças (SPDH): fundamentos e
1497 estratégias para um desenvolvimento rural sustentável. 2007.
- 1498
- 1499 SILVEIRA, Rafael Botelho; MELLONI, Rogério; MELLONI, Eliane Guimarães Pereira.
1500 Atributos microbiológicos e bioquímicos como indicadores da recuperação de áreas
1501 degradadas, em Itajubá/MG. **Cerne**, v. 12, n. 1, p. 48-55, 2006.
- 1502
- 1503 SOLOS, Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2006.
- 1504

- 1505 SOLOS, Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Centro Nacional de Pesquisa**
1506 **de Solos: Rio de Janeiro**, v. 3, 2013.
- 1507
- 1508 SOUZA, Monique et al. Matéria seca de plantas de cobertura, produção de cebola e atributos
1509 químicos do solo em sistema plantio direto agroecológico. **Ciência Rural**, v. 43, n. 1, p. 21-27,
1510 2013.
- 1511
- 1512 SOUZA, Jacimar L.; GUIMARÃES, Gabriel P.; FAVARATO, Luiz F. Desenvolvimento de
1513 hortaliças e atributos do solo com adubação verde e compostos orgânicos sob níveis de
1514 N. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 1, p. 19-26, 2015.
- 1515
- 1516 SOUZA, Renato Ferreira de et al. Calagem e adubação orgânica: influência na adsorção de
1517 fósforo em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 975-983, 2006.
- 1518
- 1519 SOUZA, Renato Ferreira de et al. Formas de fósforo em solos sob influência da calagem e
1520 adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1535-1544, 2007.
- 1521
- 1522 SORATTO, Rogério Peres et al. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos
1523 de crotalária e milheto, cultivados solteiros e consorciados. **Pesquisa Agropecuária**
1524 **Brasileira**, v. 47, n. 10, p. 1462-1470, 2012.
- 1525
- 1526 STADNIK, Marciel João; VELHO, Aline Cristina; ZORRILLA, Susana E. Desenvolvimento
1527 sustentável na produção agroalimentar. 2019.
- 1528
- 1529 TEIXEIRA, Cícero Monti et al. Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de
1530 milheto e milheto+ crotalária no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.
1531 31, n. 4, p. 647-653, 2009.
- 1532
- 1533 TEÓFILO, TM da S. et al. Eficiência no uso da água e interferência de plantas daninhas no
1534 meloeiro cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional. **Planta daninha**, v. 30, n. 3,
1535 p. 547-556, 2012.
- 1536
- 1537 TIVELLI, Sebastião Wilson; PURQUERIO, LFV; KANO, Cristiani. Adubação verde e plantio
1538 direto em hortaliças. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 7, n. 1, p. 1-7, 2010.
- 1539
- 1540 TRANI, Paulo Espíndola; BREDA JÚNIOR, J. M.; FACTOR, Thiago Leandro. Calagem e
1541 adubação da cebola (*Allium cepa* L.). **Instruções Agrícolas para as Principais Culturas**
1542 **Econômicas, Boletim**, v. 200, n. 7, 2014.
- 1543
- 1544 VELOSO, Carlos Alberto Costa et al. Alumínio e a absorção de cálcio por mudas de pimenta
1545 do reino. **Scientia Agricola**, v. 57, p. 141-145, 2000.
- 1546
- 1547 VEZZANI, F. M. ; FERREIRA, G. W. ; SOUZA, M. ; COMIN, J. J. Conceitos, métodos de
1548 avaliação participativa e o SPDH como promotor de qualidade do solo. In: JAMIL ABDALLA
1549 FAYAD; VALDEMAR ARL; JUCINEI JOSÉ COMIN; ÁLVARO LUIZ MAFRA; DARLAN
1550 RODRIGO MARCHESI. (Org.). Sistema de plantio direto de hortaliças: método de transição
1551 para um novo modo de produção. 1ed.São Paulo: Expressão Popular, v. 1, p. 105-123. 2019
- 1552

- 1553 VINHA, Mariana Barboza et al. Impactos do uso indiscriminado de agrotóxicos em frutas e
1554 hortaliças. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, 2013.
1555
- 1556 YADUVANSHI, N. P. S.; SHARMA, D. R. Tillage and residual organic manures/chemical
1557 amendment effects on soil organic matter and yield of wheat under sodic water irrigation. **Soil**
1558 **and tillage research**, v. 98, n. 1, p. 11-16, 2008.
1559
- 1560 ZIECH, Ana RD et al. Cultivo de alface em diferentes manejos de cobertura do solo e fontes
1561 de adubação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 948-954,
1562 2014.
1563
- 1564 ZONTA, Everaldo; STAFANATO, Juliano Bahiense; PEREIRA, Marcos Gervasio.
1565 Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais. **Embrapa Mandioca e Fruticultura-**
1566 **Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E)**, 2021.
1567