

**ANÁLISES QUÍMICA, FÍSICA E MICROBIOLÓGICA DE SOLOS EM
SISTEMAS DE CULTIVO CONVENCIONAL E
ORGÂNICO/AGROECOLÓGICO NA CULTURA DA ALFACE**

CHEMICAL, PHYSICAL AND MICROBIOLOGICAL ANALYSES OF SOILS IN
CONVENTIONAL AND ORGANIC/AGROECOLOGICAL CULTIVATION SYSTEMS IN
LETTUCE CULTURE

Gabriel Gomes Mendes

Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal
Av. Escócia, 1001 - Cidade das Águas
CEP: 38202-436 – Frutal, MG – Brasil
gabriel_gomes96@live.com

Gabriel Longuinhos Queiroz

Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal
Av. Escócia, 1001 - Cidade das Águas
CEP: 38202-436 – Frutal, MG – Brasil
gabriel_longuinhos@hotmail.com

Eduardo da Silva Martins

Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal
Av. Escócia, 1001 - Cidade das Águas
CEP: 38202-436 – Frutal, MG – Brasil
eduardo.martins@uemg.br

Heytor Lemos Martins

Universidade Estadual Paulista – Campus Jaboticabal
Via de Acesso Professor Paulo Donato Castellane Castellane, S/N - Vila Industrial
CEP: 14884-900 – Jaboticabal, SP – Brasil
heytor.lemos18@gmail.com

Viviane Modesto Arruda

Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Ubá
Av. Olegário Maciel, 1427 - Industrial
CEP: 36500-000 – Ubá, MG – Brasil
viviane.modesto@uemg.br

Jhansley Ferreira da Mata

Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal
Av. Escócia, 1001 - Cidade das Águas
CEP: 38202-436 – Frutal, MG – Brasil
jhansley.mata@uemg.br

Resumo

O solo é um elemento crucial da biogeocenose na qual atua na realização de diversas tarefas relevantes para assegurar a sustentabilidade ambiental e econômica. Nesse sentido, os indicadores químicos, físicos e biológicos do solo, são encarregados por analisar a estrutura, porosidade, compactação, fertilidade, acidez e a biota, conforme a influência das práticas de manejo realizadas para o cultivo. O objetivo desse trabalho foi avaliar as características químicas, físicas e microbiológicas do solo em sistemas de cultivo convencional e orgânico/agroecológico no município de Fronteira-MG. As coletas de solos foram realizadas nas profundidades 0-10 e 10-20 cm, sendo que para as análises químicas e microbiológicas a profundidade foi de 0-20 cm. Realizou-se três coletas, sendo: controle, 1ª safra e 2ª safra que ocorreram em 2021. Foram analisados os seguintes indicadores: químicos: pH, MO, P, K, Ca, Mg, CTC, V%, S, CO, H+Al e SB; físicos: umidade, densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total, condutividade elétrica e coloração do solo; e microbiológicos: bactérias, bolores e leveduras. O delineamento utilizado no experimento foi o inteiramente casualizado e os dados foram submetidos à análise de variância e utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade para a comparação das médias. Os resultados mostraram que o uso e manejo do solo no sistema de cultivo orgânico/agroecológico dentre os indicadores avaliados, apontou melhores resultados nas propriedades químicas do solo, alcançando valores superiores de S, K, CO e MO. Observou-se resultados semelhantes para a comunidade microbiológica, a qual está diretamente ligada às condições químicas do solo, em específico MO e CO, onde o sistema agroecológico fornece maior quantidade desses fatores. No entanto, a propriedade física do solo como, a condutividade elétrica, umidade, densidade de partículas, densidade do solo e porosidade total está relacionada ao sistema de cultivo convencional e, na época antes do plantio, esse sistema apresenta maior quantidade de bactérias no solo. Dessa forma, conclui-se que a área sob sistema de cultivo orgânico/agroecológico apresentou melhores resultados nas variáveis analisadas.

Palavras-chave: Qualidade do solo; Sustentabilidade; Triângulo Mineiro; Manejo do solo.

Abstract

Soil is a crucial element of the biogeocenosis in which it acts in carrying out several relevant tasks to ensure environmental and economic sustainability. In this sense, the chemical, physical and biological indicators of the soil are responsible for analyzing the structure, porosity, compaction, fertility, acidity and biota, according to the influence of the management practices carried out for the cultivation. The objective of this work was to evaluate the chemical, physical and microbiological characteristics of the soil in conventional and organic/agroecological cultivation systems in the municipality of Fronteira-MG. Soil samples were collected at depths of 0-10 and 10-20 cm, and for chemical and microbiological analysis the depth was 0-20 cm. Three collections were carried out in 2021: control, 1st harvest and 2nd harvest that occurred. The following indicators were analyzed: chemical: pH, MO, P, K, Ca, Mg, CTC, V%, S, CO, H +Al and SB; physical: moisture, soil density, particle density, total porosity, electrical conductivity and soil color; and microbiological: bacteria, molds and yeasts. The design used in the experiment was completely randomized and the data was submitted to analysis of variance and Tukey's test was used at 5% probability to compare means. The results showed that the use and management of the soil in the organic/agroecological cultivation system, among the evaluated indicators, showed better results in the chemical properties of the soil, reaching higher values of S, K, CO and MO. Similar results were observed for the microbiological community, which is directly linked to the chemical conditions of the soil, specifically MO and CO, where the agroecological system provides a greater amount of these factors. However, the physical property of the soil, such as electrical conductivity, moisture, particle density, soil density and total porosity, is related to the conventional cultivation system and, at a time before planting, this system has a larger amount of bacteria in the soil. Thus, it is concluded that the area under organic/agroecological cultivation system presented better results in the analyzed variables.

Keywords: Soil quality; Sustainability; Triângulo Mineiro; Soil management.

1. Introdução

O solo desempenha papel fundamental na manutenção das atividades agrícolas, sendo considerado um recurso ambiental utilizado em grande escala, base de sustentação de todo habitat vegetal e animal (GOMES; SANTOS; GUARIZ, 2019; BARBOSA et al., 2019; SILVA et al., 2020). É um componente complexo no qual infinitos processos químicos, físicos e biológicos interagem conjuntamente devido a sua dinâmica e natureza heterogênea (FREITAS et al., 2018). Para avaliação desses processos se tem analisado a qualidade do solo por meio de seus indicadores.

A qualidade do solo é considerada uma ferramenta decisiva para promover o aumento da produtividade e a sustentabilidade agrícola, repercutindo na sanidade das plantas, animais e afetando também os seres humanos (MELO et al., 2017). Atrelado à qualidade do solo, inúmeros indicadores estão sendo empregados para indicar as alterações decorrentes da adoção de distintas formas de manejo do solo, dentre ele, processos químicos, físicos e biológicos em sistemas de cultivo nos solos agrícolas (LOPES et al., 2013; PRADO et al., 2016; STEFANOSKI et al., 2016; LOPES et al., 2018; BARBOSA et al., 2019).

Os indicadores químicos geralmente são divididos em variáveis correlacionadas, como teor de matéria orgânica do solo, acidez do solo, teor de nutrientes e saturação de bases (V%) e alumínio (ARAÚJO et al., 2012). Os indicadores físicos são fundamentais para o entendimento do comportamento dos solos e dos meios que regem suas funções e propriedades na biosfera (FREITAS et al., 2017; SANTOS et al., 2018). Dentre esses indicadores se destacam: densidade do solo, agregação, compactação, macroporosidade, microporosidade, porosidade total, capacidade de retenção de água e estabilidade de agregados (TORRES et al. 2015; SILVA et al., 2020).

Os atributos biológicos, estão relacionados aos microrganismos existentes no solo, pois, de acordo com dinâmica física e química, eles apresentaram um comportamento, se mostrando indicadores sensíveis, com potencial para serem utilizados a fim de monitoria nas mudanças ambientais devido ao uso agrícola (EPELDE et al., 2014; NOVAK et al., 2019; LEAL et al., 2021). Desse modo, os indicadores químicos, físicos e biológicos do solo geralmente são alterados pelos gerenciamentos do seu manejo, ocasionando a perda de qualidade e na eficiência agrícola (NIERO et al., 2010; CHAVES et al., 2012).

Técnicas agrícolas baseadas em monoculturas, uso inadequado de agrotóxicos e de fertilizantes químicos, uso intensivo de maquinário pesado e manutenção de solos descobertos, afetam negativamente a qualidade do solo ocasionando alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas (VALARINI et al., 2007; SILVA et al., 2020).

De acordo com Doran e Parkin (1994), esses indicadores (químicos, físicos e biológicos) demonstrando bons níveis fornecerão condições ideais para promover o crescimento e desenvolvimento das plantas, permitindo a conservação da diversidade dos organismos existentes no solo.

A grande problemática da horticultura tradicional está atrelada ao manejo e o revolvimento intensivo do solo e também com as altas doses de fertilizantes e agrotóxicos que são frequentemente utilizados nas suas produções, isso porque absorvem e exportam grandes quantidades de nutrientes e permitem múltiplos ciclos por ano. Sendo assim, a forma de manejo empregado para produzir qualquer tipo de alimento vai influenciar na qualidade do solo, sendo necessário a realização de estudos nessa perspectiva.

Diante deste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar as características químicas, físicas e microbiológicas do solo em sistemas de cultivo convencional e orgânico/agroecológico no município de Fronteira-MG.

2. Material e Métodos

2.1. Localização das áreas experimentais

O presente estudo foi conduzido em duas propriedades rurais localizadas na zona rural do município de Fronteira – MG, sendo uma sob a forma de cultivo no sistema convencional e a outra orgânico/agroecológica (Figura 1) em áreas de domínio do Cerrado Mineiro. A distância entre as propriedades é de aproximadamente 4,1 km. O município de Fronteira está localizado na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, possuindo uma área territorial de 199,987 km² com população residente estimada para 2021 é de 18.866 habitantes (IBGE, 2022).

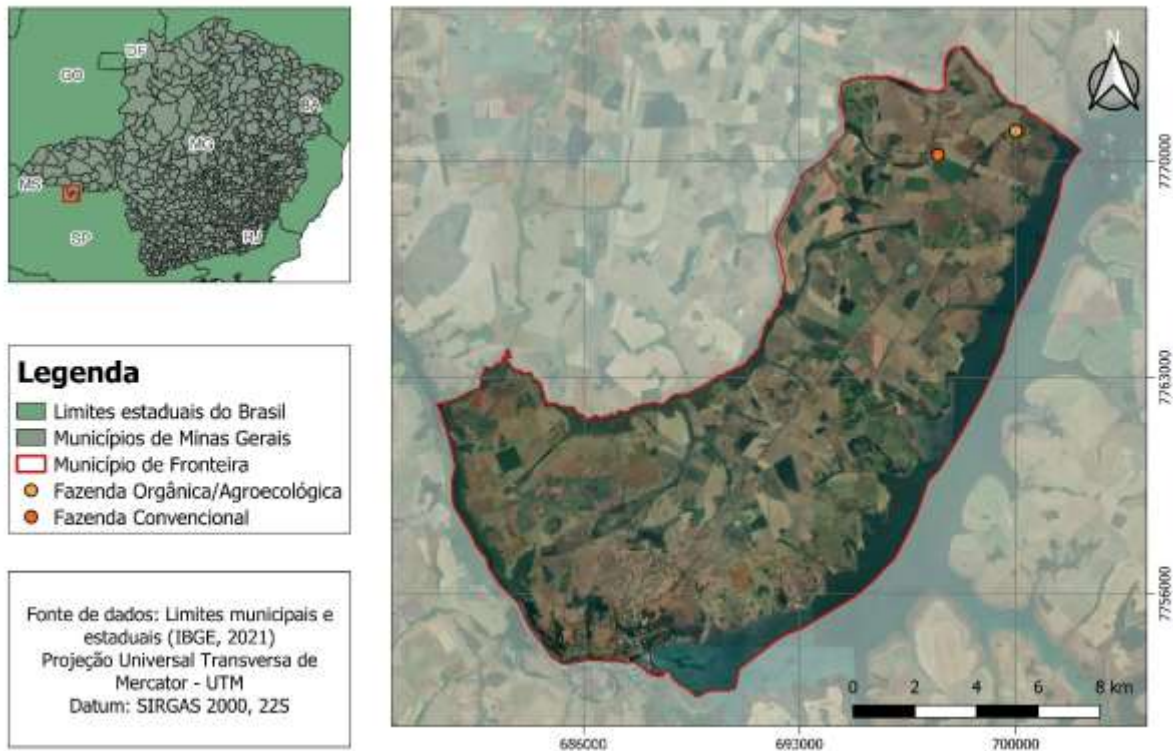


Figura 1. Mapa de localização das áreas experimentais.

O clima da região é classificado em Aw, segundo a classificação de Köppen-Geiger, sendo tropical com a estação seca e fria ocorrendo no inverno, e o verão característico apresentando estação com maiores índices pluviométricos (DUBREUIL et al., 2018). Apresenta temperatura média de 23,8°C e precipitação média anual de 1538,4 mm, concentrando entre os meses de novembro a abril. Os solos das áreas experimentais foram classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos como Latossolo Vermelho (SANTOS et al., 2018).

2.2. Descrição do experimento

Inicialmente foi realizada uma visita prévia *in loco* nas duas propriedades onde foram selecionados dois canteiros para a produção de alface. Os canteiros demarcados tinham dimensão de 50 m x 1,20 m.

Os sistemas de cultivo, convencional e orgânico/agroecológico, foram divididos respeitando o ciclo de produção de ambas as propriedades. Conforme destacado no Quadro 1 é possível visualizar as principais características de ambos os sistemas. O cultivo da alface foi dividido em dois ciclos, sendo: 1ª safra (período de seca) e 2ª safra (período de chuva), onde ocorreram no período de Setembro a Outubro e Novembro a Dezembro de 2021, respectivamente.

A propriedade sob sistema de cultivo convencional realizava manejo intensivo do solo e adição de adubos foliares e coquetel de insumos químicos na forma de fluídos. Para a propriedade sob sistema de cultivo orgânico/agroecológico realizava práticas agroecológicas visando o manejo e conservação do solo, e utilizava apenas produtos orgânicos.

Em ambas propriedades utilizavam telas sombrites como forma de proteção e controle do ambiente, e ainda a propriedade sob sistema de cultivo orgânico/agroecológico fazia uso do *mulching* inorgânico na cobertura dos canteiros para minimizar os tratos culturais.

Quadro 1. Comparativo entre as propriedades analisadas.

Características	Sistema de Produção	
	Convencional	Orgânico/agroecológico
Tamanho da propriedade	7,26 ha	67 ha
Posse da terra	Propriedade de família	Propriedade de família
Tipo de mão de obra	Familiar e contratada	Familiar e contratada
Prática de pousio	Não	Sim
Irrigação	Aspersão	Gotejamento
Rotação de culturas	Não	Sim
Manejo e preparação do solo	Manejo bastante intensivo por meio de aração, gradagem e encanteiramento do solo	Privilegia as práticas que possibilitam a manutenção e o melhoramento da qualidade do solo, por intermédio do revolvimento mínimo no cultivo com palha
Correção do solo	Calcário dolomítico	CalFértil®
Obtenção das mudas	Viveiristas	Viveiristas
Época de plantio	Ano todo	Ano todo
Agrotóxico	Dicarzol 500 SP®, Timorex Gold®, Eleitto®, Trigard 750 WP®, Delegate®, Privilege® e Avatar®	Não
Fertilizante	Sintéticos: Calboron®, Copper Crop®, Kinglife® e Vit-Org Vg®	Orgânicos: Minho Fértil® e Yoorin Master®
Adubação	Cama de frango + NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio)	Esterco de búfalo, adubação verde e cobertura morta
Bioinsumo	Não	Microrganismos Eficientes – EM (Natural)
Criação animal em consórcio com a atividade agrícola	Sim	Sim
Telas sombrites	Sim	Sim
<i>Mulching</i>	Não	Sim
Corretor de pH da água	Sim	Não
Poço Artesiano	Sim	Sim
Áreas de preservação permanente	Não (não tem água na propriedade)	Não
Cadastro ambiental rural	Sim	Sim

Fonte: Organizado pelos autores.

2.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado para as análises químicas e microbiológicas foi o inteiramente casualizado (DIC) 2x3, sendo dois sistemas de cultivos (convencional e agroecológico), três épocas (antes do plantio, 1ª e 2ª safra) com quatro repetições e profundidade 0-20 cm.

Para as análises físicas o delineamento experimental utilizado também foi o inteiramente casualizado (DIC) 2x3x2, sendo dois sistemas de cultivos (convencional e agroecológico), três

épocas (antes do plantio, 1ª e 2ª safra) e duas profundidades (0-10 e 10-20 cm) com quatro repetições.

2.4. Coletas de solos

As coletas de solos foram realizadas na profundidade 0-10 e 10-20 cm, que após coletadas as subamostras formaram-se as amostras compostas conforme recomendação da Veloso et al. (2006), que foram acondicionadas em sacos plásticos transparentes de polietileno e identificadas, com quatro repetições, gerando ao final duas amostras por canteiro de cada propriedade. Destaca-se que para as análises químicas e microbiológicas a profundidade foi de 0-20 cm.

Foram realizadas três coletas, sendo: 1) Controle - realizada no dia 15 de setembro de 2021, antes do cultivo (AP) da alface; 2) 1ª safra - foi coletada no dia 20 de outubro de 2021; 3) 2ª safra - foi coletada 1 de dezembro de 2021. A cada coleta foram retirados aproximadamente 250 g de solo de cada canteiro por amostra. Em seguida, as amostras foram destinadas para análise nos Laboratórios de Solos e Biologia da Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Unidade Frutal.

2.5. Análises químicas do solo

As amostras de solo foram encaminhadas (de antes do plantio, 1ª e 2ª safra) para realização de análise química de rotina (pH, MO, P, K, Ca, Mg, CTC, V%, S, CO, H+Al e SB) no Laboratório Micellium Análises Agrícolas e Biomoleculares de Plantas na cidade de Barretos-SP, onde foram analisadas seguindo a metodologia proposta por Raij et al. (2001).

2.6. Análises físicas do solo

Para determinação das variáveis físicas do solo em diferentes profundidades foram realizadas as coletas no final da 2ª safra.

A densidade do solo (D_s) foi determinada pelo método do cilindro volumétrico, onde foram coletadas amostras de solo indeformadas em cilindros (anéis) volumétricos nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm. Realizou-se a raspagem do solo para retirar o excesso do solo dos cilindros, na sequência as amostras foram levadas para estufa a aproximadamente 105°C, onde permaneceu até atingir peso constante. Logo após, foi determinada a massa por meio da pesagem utilizando balança de precisão (TEIXEIRA et al., 2017). A densidade do solo foi calculada pela Equação 1:

$$D_s = \frac{m_a}{V} \quad Eq. 1$$

Onde:

D_s = densidade do solo, em g cm^{-3} .

m_a = massa da amostra de solo seco a 105°C até peso constante, em g.

V = volume do cilindro, em cm^3 .

A densidade de partículas (DP) foi determinada pelo método do balão volumétrico (TEIXEIRA et al., 2017). Consistiu na determinação do volume do álcool etílico hidratado necessário para cobrir a amostra de solo até completar o volume do balão, verificando-se a ausência de bolhas. A densidade de partículas foi calculada usando a Equação 2:

$$D_p = \frac{m_a}{(V_T - V_u)} \quad \text{Eq. 2}$$

Onde:

D_p = densidade de partículas, em g cm^{-3} .

m_a = massa da amostra de solo seco a 105°C , em g.

V_T = volume total aferido do balão, em mL.

V_u = volume utilizado para completar o balão com a amostra, em mL.

A porosidade total (PT) foi calculada pela relação entre a densidade do solo e a densidade das partículas por meio do método indireto (TEIXEIRA et al., 2017). A seguir é apresentada a Equação 3:

$$Pt = \left[\frac{(D_p - D_s)}{D_p} \right] \quad \text{Eq. 3}$$

Onde:

Pt = porosidade total, em $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$.

D_p = densidade de partículas, em g cm^{-3} .

D_s = densidade do solo, em g cm^{-3} .

A condutividade elétrica (CE) e umidade (U) foram medidas *in loco* utilizando o aparelho *Moisture Probe Meter* (MPM-160-B 12 bits) desenvolvido pela ICT *International Pty Ltd*.

Para determinação da cor do solo das respectivas amostras, foi utilizado o método clássico pela Carta de Cores de Munsell®, na qual é expresso em três componentes: matiz, valor e croma (MUNSELL, 1994).

2.7. Análises microbiológicas do solo

As amostras de solos coletadas foram encaminhadas ao Laboratório de Biologia para quantificar a população microbiana representada pelos grupos de bolores, leveduras e bactérias. O método utilizado para verificar a microbiota do solo foi pela técnica de semeadura em profundidade, em duplicata.

Para contagem dos microrganismos foram utilizados os meios de cultura: Caldo Sabouraud 2% para crescimento de bolores e leveduras, e PCA (*Plate Count Agar - Acumedia*) para crescimento de bactérias.

Para a quantificação utilizou-se a técnica de diluição seriada, seguindo o método de Clark (1965). Preparou-se a diluição do solo na seguinte ordem: Pesou-se 10 g de solo de cada amostra; adicionou-se nos *beckers* contendo 90 mL de água peptonada 0,1%, sendo esta diluída 10^{-1} ; conduziu as amostras para a mesa agitadora (Astral Científica CT-155) e manteve por 20 minutos com rotação de 55 RPM. Posteriormente diluiu-se em 1 mL da solução em 9 mL de água peptonada 0,1%, e sucessivamente até 10^{-6} .

Após esse procedimento as placas para a contagem dos bolores e leveduras foram destinadas para a estufa bacteriológica (Biopar 522LBD) a temperatura de 28°C por 48 h, no tempo em que as placas também em duplicatas utilizadas para contagem de bactérias foram incubadas em estufa (TECNAL TE-371) a temperatura de 35°C por 48 h. A quantificação foi obtida por unidades formadoras de colônias por grama de solo (UFC g solo⁻¹).

2.8. Análise dos dados

Para todas as análises realizadas (químicas, físicas e microbiológicas), os dados coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de comparação múltipla de Tukey a nível de 5% de probabilidade, por meio do software estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2011).

3. Resultados e Discussão

3.1. Análises químicas do solo

Na Tabela 1 observa-se as variáveis químicas do solo. As variáveis pH (potencial hidrogeniônica), P (fósforo), Ca (cálcio), CTC (capacidade de troca catiônica) e SB (soma de bases) não apresentaram diferenças significativas entre as épocas e sistemas de cultivo analisadas.

Para a variável enxofre (S) não houve diferenças significativas para a 1ª e 2ª safra quando comparado as épocas entre os sistemas de cultivo. No entanto, houve diferença antes do plantio, assim, observa-se que o sistema de cultivo orgânico/agroecológico antes do plantio apresentou

maior média de S, em relação ao cultivo convencional. Por outro lado, dentro de cada sistema, analisando as épocas (antes do plantio, 1ª e 2ª safra) conjuntamente diferiram estatisticamente. Por apresentar teores do macronutriente S maiores no sistema de cultivo orgânico/agroecológico, esse fato pode ser explicado pela maior quantidade de matéria orgânica adicionada ao solo uma vez que 75% do S presente no solo vem da matéria orgânica (SANTOS et al., 1981; TIECHER et al., 2012).

Em relação aos teores de potássio (K), ao analisar as épocas dentro do sistema de cultivo convencional, não diferiram estatisticamente. Por outro lado, foram observadas diferenças significativas ao analisar as épocas (antes do plantio e 2ª safra) entre os sistemas de cultivo, como também as épocas dentro do sistema de cultivo orgânico/agroecológico. Sendo assim, foram registrados maiores valores de K para o sistema de cultivo orgânico/ agroecológico.

O potássio se destaca entre os nutrientes mais exigidos pela cultura da alface, perdendo apenas para o nitrogênio em termos de demanda das plantas, uma vez que atende a uma variedade de funções metabólicas e de crescimento (CANCELLIER et al., 2010). De acordo com Sobral et al. (2015), os teores de K mais baixos apontam solos mais intemperizados. Entretanto, nesse estudo todos os valores de K situaram-se na faixa considerada mediana a alta para hortaliças conforme o ranqueamento descrito por Raij et al. (2001). Este nutriente está direto ou indiretamente envolvido em inúmeros processos bioquímicos de metabolismo de carboidratos, fotossíntese e respiração (COSTA et al., 2007).

Deve-se salientar que antes de realizar o plantio da alface, foi aplicado na área da propriedade sob o sistema de cultivo orgânico/agroecológico, que se encontrava em pousio e foi roçada todo material vegetal na superfície e incorporado ao solo, os microrganismos eficazes (EM).

Ao longo do tempo o material orgânico ali disposto foi decomposto ocorrendo a humificação e mineralização. Assim justifica-se o alto teor de potássio encontrado no final da 1ª safra, a mineralização da matéria orgânica fornece nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, como o NPK, além de outros macros e micronutrientes. Segundo Prado (2020), além da troca de potássio, a matéria orgânica também serve como componente de sua composição, graças à liberação de potássio por lavagem e mineralização.

Em relação a variável magnésio (Mg) não houve diferenças significativas para o sistema convencional quando comparado as épocas dentro de cada sistema. Observou-se que houve diferença significativa entre os sistemas de cultivo, como também comparando as épocas dentro do cultivo orgânico/agroecológico, sendo esse sistema o que se apresentou os maiores valores encontrados. Segundo Sales (2019), comumente os solos agrícolas apresentam teor de Mg inferior do que o do cálcio (Ca), visto que o mesmo não é aderido vigorosamente pelas argilas e matéria orgânica, por isso está mais sujeito ao processo de lixiviação. Tal informação abordada pelo autor, reflete no resultado encontrado nesse estudo, visto que os valores de Mg se tenderam a ser menores do que o Ca.

No que diz respeito a acidez potencial (H+Al) não se observou diferenças significativas para a 2ª safra entre os sistemas de cultivos. Por outro lado, verificou-se a existência de diferenças significativas para AP e 1ª safra. Onde para AP o sistema de cultivo orgânico/agroecológico apresentou valor superior ao convencional, e na 1ª safra ocorreu de modo contrário. A diferença significativa pode-se notar também ao comparar as épocas dentro de cada sistema de plantio.

Para os teores de carbono orgânico (CO) não se verificou diferença significativa para a 1ª safra quando comparado as épocas entre os sistemas de cultivo, o mesmo pode ser observado para o sistema orgânico/agroecológico quando comparado as épocas dentro do sistema. Entretanto, essa variável contribuiu significativamente antes do plantio e na 2ª safra quando analisado as épocas entre os sistemas de cultivo, sendo o sistema orgânico/agroecológico o que apresentou maiores valores. Observa-se o mesmo comportamento para o sistema convencional ao comparar as épocas dentro desse sistema de plantio.

Por ser uma propriedade de aferição fácil e rápida, e por se correlacionar com outras propriedades do solo, o CO é um indicador chave para averiguar os aspectos físicos, químicos e biológicos do solo (JERKE; SOUSA; GOEDERT, 2012). O sistema orgânico agroecológico apresentou maiores teores de CO, não diferindo entre as épocas de plantio. Demonstrando ser um sistema com melhor qualidade, pois segundo Campos et al. (2016) o CO está propriamente relacionado com à qualidade do solo, pois atua como agente cimentante para a estrutura, além de atuar como solução-tampão de pH, na complexação de elementos e capacidade de troca de cátions (CTC), e provocar o aumento na disponibilidade hídrica no solo.

Ao analisar a época dentro do sistema convencional, a MO não apresentou diferença significativa, no entanto, verificou-se diferença no sistema de cultivo orgânico/agroecológico. Para esse sistema a melhor época que apresentou maior resultado foi AP, quando comparado com a 1ª e 2ª safra.

Comparando as épocas entre os sistemas constatou-se que houve diferenças significativas, onde para AP, 1ª e 2ª safra do sistema orgânico/agroecológico obteve maiores valores, fato esse justifica-se devido as áreas ficarem em pousio, favorecendo a decomposição da MO e estimulando o desenvolvimento e atividade da biota no solo.

A incorporação de resíduos orgânicos no sistema produtivo de hortaliças, por exemplo, o dejetos bovino possui um papel importante que, além de aumentar o teor de MO, eleva o pH no solo por meio da quelação dos íons por moléculas orgânicas (DAS et al., 2017; SUJA et al., 2017). De acordo com Oliveira et al. (2017), os tipos de cobertura vegetal, as espécies e suas características fisiológicas, a relação C/N e as condições de temperatura e umidade do ambiente, determinam não apenas a qualidade da matéria orgânica nos solos existentes, mas também a qualidade e quantidade das comunidades microbianas.

O contrário verifica-se para o sistema convencional, pois ao realizar o cultivo de qualquer cultura agrícola sem o uso de medidas conservacionistas, poderá ocasionar a redução dos níveis

de MO e, conseqüentemente, da disponibilidade de nutrientes, além de potencialmente alterar outras propriedades do solo (OLIVEIRA et al., 2017; SOUSA et al., 2020).

Percebe-se então, que os baixos teores de MO no sistema de cultivo convencional são ocasionados pelas práticas tradicionais aplicadas junto a preparação do solo, como o revolvimento para o plantio das alfaces, além da baixa quantidade de material orgânico aplicada no solo em relação a necessidade da cultura, para o seu bom desenvolvimento e crescimento.

A saturação por bases (V%) não apresentou diferenças significativas antes do plantio e na 2ª safra quando comparado as épocas entre os sistemas de cultivo, o mesmo pode ser observado para épocas dentro do sistema orgânico/agroecológico. Houve diferenças significativas na 1ª safra, ao se analisar entre os sistemas de cultivo, sendo o orgânico/agroecológico o que apresentou maior valor. E quando comparado apenas dentro do sistema de cultivo, o convencional apresentou diferenças significativas entre os períodos analisados.

A V% é um ótimo indicador dos estados gerais de fertilidade do solo. Conforme destacado por Ronquim (2010), os solos agrícolas com $V\% \geq 50\%$ são classificados como solos eutróficos, ou seja, solos férteis, e também existe a possibilidade de serem distróficos, ou seja, pouco férteis, quando $V\% \leq 50\%$. Sendo assim, para todos os valores encontrados nesse estudo, foram encontrados $V\% \geq 50\%$, logo são classificados os solos como eutróficos. Isso é justificado pois são solos orgânicos para cultivo de alface em canteiros.

Tabela 1. Valores médios dos atributos químicos dos solos sob sistemas de cultivo convencional e orgânico/agroecológico no município de Fronteira-MG.

ATRIBUTOS	CV (%)	SISTEMAS DE CULTIVO						CAUSAS DA VARIAÇÃO		
	CONVENCIONAL.....			ORGÂNICO/AGROECOLÓGICO.....			Fc		
		AP	1ª Safra	2ª Safra	AP	1ª Safra	2ª Safra	Ép.	Prop.	Interação Ép. X Prop.
¹ pH (H ₂ O)	1,77	6,25aA	6,09aA	6,18aA	6,07aA	6,15aA	6,22aA	0,51 ^{ns}	0,12 ^{ns}	1,29 ^{ns}
¹ P (mg dm ⁻³)	71,58	232,50aA	532,04aA	155,64aA	389,86aA	123,32aA	725,60aA	0,69 ^{ns}	1,17 ^{ns}	8,36*
¹ S (mg dm ⁻³)	64,38	33,55bA	2,73aB	5,83aB	68,13aA	18,72aB	8,42aB	21,69**	8,67*	2,38 ^{ns}
¹ K (mmol _c dm ⁻³)	96,42	9,88bA	5,80aA	5,66bA	19,61aB	44,16aA	7,22aB	12,76**	30,38**	13,82**
¹ Ca (mmol _c dm ⁻³)	43,25	186,62aA	169,97aA	201,88aA	164,38aA	131,42aA	143,89aA	0,29 ^{ns}	1,82 ^{ns}	0,12 ^{ns}
¹ Mg (mmol _c dm ⁻³)	5,08	15,93bA	14,77bA	15,22bA	23,00aB	37,90aA	35,73aB	77,01**	1177,01**	101,96**
¹ H+Al (mmol _c dm ⁻³)	10,32	20,96bB	31,15aA	18,60aB	26,63aA	21,58bB	16,69aC	29,56**	4,15 ^{ns}	21,34**
¹ CTC (mmol _c dm ⁻³)	34,54	233,40aA	221,68aA	241,37aA	233,63aA	235,06aA	203,51aA	0,04 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,23 ^{ns}
¹ CO (g dm ⁻³)	27,92	10,82bB	19,71aA	10,78bB	25,21aA	25,53aA	22,36aA	2,82 ^{ns}	9,55**	8,46**
¹ MO (g dm ⁻³)	15,75	18,62bA	18,11bA	18,53bA	43,35aA	33,90aB	38,46aB	2,46 ^{ns}	121,02**	1,99 ^{ns}
¹ SB (cmol _c dm ⁻³)	37,19	212,42aA	190,53aA	222,76aA	206,98aA	213,47aA	186,83aA	0,02 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,30 ^{ns}
¹ V (%)	2,47	91,05aA	86,2bB	91,12aA	88,61aA	90,02aA	91,33aA	3,93 ^{ns}	0,33 ^{ns}	3,99 ^{ns}

¹Médias comparadas com letras minúsculas na linha entre mesmas épocas em cada sistema de cultivo, letra maiúscula na mesma linha entre épocas dentro do sistema de cultivo, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. ns – não significativo. CV – Coeficiente de variação. AP – Antes do plantio. Ép. – Época. Prop. – Propriedade. **Fonte:** Organizado pelos autores.

3.2. Análises físicas do solo

As variáveis físicas analisadas (Tabela 2), com exceção da variável DP e DS na profundidade 10-20 cm, os maiores valores foram obtidos no sistema de cultivo orgânico/agroecológico.

Comparando-se as médias dos valores para as profundidades, as variáveis, DP, DS e PT não apresentaram diferenças significativas entre os sistemas de cultivo, convencional e orgânico/agroecológico na profundidade 0-10 cm. Contudo, observou-se diferenças significativas nas duas profundidades para as variáveis, CE e U, e na profundidade de 10-20 cm para DP, DS e PT.

Dando seguimento as análises, verificou-se que as médias dos valores dentro dos sistemas, para as variáveis, CE, U, DP e PT não apresentaram diferenças significativas entre os sistemas de cultivo, convencional e orgânico/agroecológico. A única variável que apresentou diferença significativa foi a DS para as profundidades 0-10 e 10-20 cm.

Tabela 2. Condutividade elétrica (CE), umidade (U), densidade de partículas (DP), densidade do solo (DS) e porosidade total (PT) em sistemas de cultivo convencional e orgânico/agroecológico no município de Fronteira-MG.

Sistemas de cultivo	CE ¹		U ¹		DP ¹		DS ¹		PT ¹	
mv.....	%g cm ⁻³%.....			
Profundidade (cm)									
	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20
Convencional	169,00bA	212,50bA	2,45bA	4,55bA	0,83aA	0,85aA	1,34aB	1,55aA	38,29aA	32,77bA
Orgânico/ Agroecológico	750,50aA	745,00aA	31,75aA	31,15aA	0,79aA	0,76bA	1,33aA	1,16bB	40,46aA	45,05aA
CV (%)	6,66		8,61		5,38		6,87		17,45	
Causas da variação	Fc									
Prof.	1,48 ^{ns}		0,99 ^{ns}		0,00 ^{ns}		0,19 ^{ns}		0,02 ^{ns}	
Prop.	1270,62 ^{**}		1381,51 ^{**}		8,67 [*]		18,71 ^{**}		2,19 ^{ns}	
Prop. X Prof.	2,46 ^{ns}		3,23 ^{ns}		1,20 ^{ns}		16,01 ^{**}		4,47 ^{ns}	

¹Médias comparadas nas colunas (letras minúsculas) e na linha (letras maiúsculas) com mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. ns – não significativo. CV – Coeficiente de variação. Prop. – Propriedade; Prof. – Profundidade. Fonte: Organizado pelos autores.

Conforme Quadro 1, é possível verificar que o proprietário da área de cultivo convencional utiliza um manejo bastante intensivo por meio de aração, gradagem e encanteiramento do solo, influenciado assim nos valores encontrados para as variáveis

físicas. Dessa forma, o sistema de cultivo orgânico/agroecológico apresentou maiores valores.

Conforme abordado por Smaniotto et al. (2021), as áreas que possuem maior proporção de matéria orgânica e carbono orgânico total tendem a apresentar maior CE. Tal informação vai de encontro com os achados desse estudo, onde no sistema de cultivo orgânico/agroecológico apresentou as maiores médias comparado com o sistema de cultivo convencional.

Triantafyllidis et al. (2020) ao avaliar as implicações dos tipos de manejo da terra por meio das propriedades edáficas, concluíram que o aumento da condutividade elétrica em áreas agrícolas é oriundo sobretudo da água de irrigação e a entrada de matéria orgânica no solo.

A umidade apresentou-se superior no sistema de cultivo orgânico/agroecológico, o que pode ser explicado pela alta incidência de precipitação (conforme informação passada pelos produtores), a utilização do mulching, a cobertura morta nos canteiros e do tipo de irrigação utilizada (gotejamento). A utilização do mulching permite manter a temperatura estável diminuindo a evaporação, assegurando assim, uma melhor condição de umidade do solo (KOSTERNA, 2014; MENESES et al., 2016).

A densidade de partículas na camada de 10-20 cm foi maior no sistema de cultivo convencional, apresentando diferença estatística. Os valores encontrados nesse trabalho, se encontram abaixo do estabelecido por Kiehl (1979) na qual variam, em média, entre os limites de 2,3 a 2,9 g cm⁻³, isso ocorre devido ser o plantio de hortaliças onde é realizado em canteiros com adição de matéria orgânica resultando numa DP mais baixa.

Os resultados mostraram que o solo do sistema de cultivo convencional apresentou maiores valores de DS, principalmente na profundidade 10-20 cm (1,55 g cm⁻³). De modo geral, quanto maior for a DS, pior será sua estrutura e menos poroso será em geral. com isso, as restrições ao crescimento e desenvolvimento das plantas serão maiores (KIEHL, 1979).

Conforme apresentado por Klein (2008), os valores de DS em solos agrícolas tem uma variação de 0,9 a 1,8 g cm⁻³, que dependerá de duas variáveis: 1) a sua textura e do 2) teor de matéria orgânica no solo. Nesse sentido, percebe-se que os valores encontrados nesse estudo estão dentro dos limites considerados ideais para o desenvolvimento de plantas.

Os resultados obtidos neste experimento são corroborados aos obtidos por Carneiro et al. (2009), Pragana et al. (2012) e Barbosa et al. (2020), os quais verificaram o aumento da DS por meio do sistema convencional.

Silva et al. (2015) ressaltam que o aumento da DS em sistema de cultivo convencional, é resultado da utilização de inúmeros maquinários sobre o solo, como também a forma de

manejo intensivo provoca uma maior pressão e isso tende a ocasionar um maior valor de DS. Os autores ainda indicaram que a qualidade física do solo no sistema de cultivo orgânico resultou em melhora significativa devido principalmente ao aporte da matéria orgânica e do auxílio da fauna edáfica e das raízes, contribuindo para constituição de bioporos. Esses bioporos são poros originados por meio raízes ou organismos do solo, que propiciam a infiltração da água no solo e formação de caminhos a raízes de culturas subsequentes (KAUTZ, 2014).

Portanto, o acréscimo de materiais orgânicos a diferentes sistemas de cultivo não só traz benefícios químicos, mas também propicia a melhora da qualidade física do solo (OLIVEIRA; LIMA; VERBURG, 2015).

Os resultados encontrados para a PT entre os sistemas de cultivo na profundidade 10-20 cm corroboram com aqueles obtidos por Silva et al. (2015), nos quais houve diferenças significativas para a porosidade total do solo em função dos sistemas (mata nativa, cultivo orgânico, cultivo convencional, e cultivo em conversão para orgânico) adotados para a profundidade 10-20 cm.

Segundo Camargo e Alleoni (1997) e Lima et al. (2007), a porosidade total passa a ser ideal a partir do momento que o solo apresenta 50% ($0,500 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) do seu volume total contendo espaço poroso. Dessa forma, as médias que mais se aproximaram desse valor foi o do sistema de cultivo orgânico/agroecológico.

No estudo de Ramos et al. (2015) foi avaliado o efeito da produção de hortaliças no sistema orgânico nas propriedades físicas do solo na cidade de Colombo-PR. Os autores concluíram que este sistema de produção apresentou melhor qualidade física do solo em comparação ao sistema convencional.

Quanto a coloração do solo, ressalta-se que os canteiros levantados sobre latossolos e adicionados materiais orgânicos em ambas propriedades, sendo o sistema orgânico/agroecológico uma maior diversidade e quantidade deste material. A partir da Tabela 3, é possível verificar a coloração do solo que foi obtida pela Carta de Munsell. O matiz de predominância foi o 2.5YR, isso indica que o solo possui alto teor de óxido de ferro e coloração tendendo a avermelhada, sendo a hematita o principal componente que afeta a cor.

Tabela 3. Coloração dos pontos de coleta de solo pela carta de cores de Munsell

Ponto amostral	Profundidade	Cor (Munsell)	Cor Manual tec. IBGE	Cor (referência)
Sistema de Cultivo Convencional				
1	0-10 cm	2,5YR 3/4	Bruno-avermelhado-escuro	

	10-20 cm	2,5YR 3/4	Bruno-avermelhado-escuro	
2	0-10 cm	2,5YR 3/4	Bruno-avermelhado-escuro	
	10-20 cm	2,5YR 3/4	Bruno-avermelhado-escuro	
3	0-10 cm	2,5YR 3/3	Bruno-avermelhado-escuro	
	10-20 cm	2,5YR 3/3	Bruno-avermelhado-escuro	
4	0-10 cm	2,5YR 3/4	Bruno-avermelhado-escuro	
	10-20 cm	2,5YR 2,5/3	Bruno-avermelhado-escuro	
Sistema de Cultivo Orgânico/Agroecológico				
1	0-10 cm	2,5YR 2,5/4	Bruno-avermelhado-escuro	
	10-20 cm	2,5YR 2,5/3	Bruno-avermelhado-escuro	
2	0-10 cm	2,5YR 3/4	Bruno-avermelhado-escuro	
	10-20 cm	2,5YR 2,5/4	Bruno-avermelhado-escuro	
3	0-10 cm	2,5YR 2,5/3	Bruno-avermelhado-escuro	
	10-20 cm	2,5YR 2,5/2	Vermelho muito escuro- acinzentado	
4	0-10 cm	2,5YR 2,5/2	Vermelho muito escuro- acinzentado	
	10-20 cm	2,5YR 2,5/3	Bruno-avermelhado-escuro	

Legenda: Cor (Munsell) = Cor determinada segundo a carta de Munsell; Cor Manual Tec. IBGE = Cor descrita segundo IBGE (2015); Cor (referência) = cores obtidas pelo RGB. **Fonte:** Organizado pelos autores.

Os latossolos são em geral, solos fortemente ácidos, com baixa saturação por bases, distróficos ou alumínicos, com grandes problemas de fertilidade, normalmente muito profundos e porosos, em estágio avançado de intemperização e ricos em óxidos de ferro, e sua cor muitas vezes não reflete seu teor de matéria orgânica, ou seja, a mesma cor aparece em solos com quantidades variadas de matéria orgânica (RESENDE et al., 2014; SANTOS et al., 2018). E quanto maior o acúmulo de matéria orgânica, mais escuro o solo se apresentará (SANTOS et al., 2005; DALMOLIN et al., 2006).

3.3. Análises microbiológicas do solo

A Tabela 4 apresenta o quantitativo de bactérias, bolores e leveduras a partir do número de unidades formadoras de colônias por gramas de solo (UFC g solo⁻¹).

Quando observado os resultados da quantificação de bactérias, bolores e leveduras, ao analisar as épocas entre os sistemas de cultivo, para a 1ª e da 2ª safra não houve diferenças significativas. O mesmo pode ser observado para a contagem de bactérias no sistema convencional, ao se analisar as épocas dentro de cada sistema de cultivo.

Analisando as épocas entre os sistemas de cultivo, verificou-se que antes do plantio para a contagem de bactérias apresentou diferença significativa, sendo o sistema convencional aproximadamente 1,10 vezes superior ao sistema orgânico/agroecológico.

Quando comparado as épocas dentro de cada sistema, no cultivo orgânico/agroecológico, apresentou diferença significativa para bactérias, bolores e leveduras e no cultivo convencional para bolores e leveduras.

Nota-se que o número de unidades formadoras de colônias (UFC g solo⁻¹) para bactérias, bolores e leveduras, nos dois sistemas de cultivos foram sofrendo diminuição ao longo das épocas estudadas. Um fato particular ocorreu na 1ª safra quando se quantificou os bolores e leveduras, na qual ocorreu aumento substancial.

De forma geral, os indicadores microbiológicos foram abundantes nos solos sob sistema de cultivo orgânico/agroecológico em relação ao sistema convencional. A comunidade de bolores e leveduras no solo foi a que apresentou maiores variações (Tabela 1). Resultados semelhantes foram encontrados no estudo desenvolvido por Pinheiro, Martins e Martins (2020), onde as contagens dos fungos (bolores e leveduras) sofreram maiores variações quando comparado aos resultados obtidos para bactérias.

Tabela 4. Valores médios de unidades formadoras de colônias por gramas de solo (UFC g solo⁻¹) de bactérias, bolores e leveduras em sistemas de cultivo convencional e orgânico/agroecológico no município de Fronteira-MG.

Sistemas de cultivo	Bactérias ¹			Bolores e leveduras ¹		
x10 ⁶ UFC g ⁻¹x10 ³ UFC g ⁻¹		
	AP	1ª Safra	2ª Safra	AP	1ª Safra	2ª Safra
Convencional	198,68aA	9,40aA	2,94aA	10,58aB	655,00aA	38,03aB
Orgânico/ Agroecológico	181,13bA	47,50aAB	5,37aB	175,75aB	875,00aA	58,38aB
CV (%)		210,34			52,41	
Causas da variação			Fc			
Época		2,31 ^{ns}			51,44*	
Propriedade		3,12 ^{ns}			4,37 ^{ns}	
Época X Propriedade		1,60 ^{ns}			0,85 ^{ns}	

¹Médias comparadas nas colunas (letras minúsculas) e na linha (letras maiúsculas) com mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. AP – Antes do plantio. ns – não significativo. CV – Coeficiente de variação. OBS: Dados originais, transformados em log x para a análise de variância. **Fonte:** Organizado pelos autores.

Por meio dos resultados obtidos, percebe-se uma redução da quantidade de microrganismos no solo ocasionados pela aplicação de agrotóxicos no sistema de cultivo

convencional. Além de alterar a formação da microbiota, a utilização de agrotóxicos pode reduzir sua diversidade além de interferir nos processos biológicos encarregados pela disponibilização de nutrientes (SILVA; VIEIRA, 2008; BORSOI et al., 2014).

Bueno et al. (2018) destacam que quanto maior o número de bactérias e fungos presentes no solo, mais sadio e produtivo esse ambiente será. Esses indivíduos são indicadores vulneráveis que tem o potencial para serem empregados no acompanhamento das mudanças ambientais resultantes do uso agrícola (ARAUJO et al., 2019). Dentre os microrganismos, as bactérias constituem o grupo com maior diversidade fisiológica, o que proporciona maior resiliência (FERREIRA; STONE; MARTIN-DIDONET, 2017).

Corroborando com esse estudo Marinari et al. (2006) e Vasconcellos et al. (2013) ao estudarem solos com cultivo em sistemas convencional e agroecológico/orgânico verificaram diferenças significativa nas análises microbiológicas, químicas e físicas, onde apresentaram forte relação a capacidade desses solos de melhorar a mineralização e a mobilização eficiente de nutrientes disponíveis.

O entendimento sobre as fundamentais relações entre as plantas, solos e os microrganismos, é capaz de ser utilizado para expandir a produtividade agrícola e colaborar para o aperfeiçoamento de uma agricultura mais ecológica (SINGH et al., 2020).

4. Conclusão

O uso e manejo do solo no sistema de cultivo orgânico/agroecológico apontou melhores resultados nas propriedades químicas do solo, alcançando valores superiores de S, K, CO e MO. O mesmo é observado para a comunidade microbiológica, a qual está diretamente ligada as condições químicas do solo, em específico MO e CO, onde o sistema agroecológico fornece maior quantidade desses fatores.

No entanto, a propriedade física do solo como, a condutividade elétrica, umidade, densidade de partículas, densidade do solo e porosidade total está relacionada ao sistema de cultivo convencional e, na época antes do plantio, esse sistema apresenta maior quantidade de bactérias no solo.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código de Financiamento 001, pelo apoio e a concessão da bolsa de estudo ao primeiro autor.

5. Referências

ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L. LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava- PR, v.5, n.1, p.187-206, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5777/paet.v5i1.1658>.

ARAUJO, T. S.; GALLO, A. S.; ARAUJO, F. S.; SANTOS, L. C.; GUIMARÃES, N. F.; SILVA, R. F. Biomassa e atividade microbiana em solo cultivado com milho consorciado com leguminosas de cobertura. **Revista de Ciências Agrárias**, [S. l.], v. 42, n. 2, p. 347-357, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.19084/RCA.15433>. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/index.php/rca/article/view/15433>. Acesso em: 16 jun. 2022.

BARBOSA, M. A.; FERRAZ, R. L. S.; COUTINHO, E. L. M.; COUTINHO NETO, A. M.; SILVA, M. S.; FERNANDES, C.; RIGOBELLO, E. Multivariate analysis and modeling of soil quality indicators in long-term management systems. **Science Of The Total Environment**, [S. l.], v. 657, p. 457-465, 2019.

BORSOI, A.; SANTOS, P. R. R.; TAFFAREL, L. E.; GONÇALVES JÚNIOR, A. C. Agrotóxicos: histórico, atualidades e meio ambiente. **Acta Iguazu**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 86–100, 2014. DOI: <https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v3i1.9650>.

BUENO, P. A. A.; OLIVEIRA, V. M. T.; GUALDI, B. L.; SILVEIRA, P. H. N.; PEREIRA, R. G.; FREITAS, C. E. S.; BUENO, R. O.; SEKINE, E. S.; SCHWARCZ, K. D. Indicadores microbiológicos de qualidade do solo em recuperação de um sistema agroflorestal. **Acta Brasiliensis**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 40, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.22571/2526-433896>. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/ActaBra/index.php/actabra/article/view/96>. Acesso em: 15 jun. 2022.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1997. 132p.

CAMPOS, M. C. C.; SOARES, M. D. R.; NASCIMENTO, M. F.; SILVA, D. M. P. Estoque de carbono no solo e agregados em Cambissolo sob diferentes manejos no sul do Amazonas. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, Taubaté, v. 11, n. 2, p. 339, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1819>.

CANCELLIER, L. L.; ADORIAN, G. C.; RODRIGUES, H. V. M.; SIEBENEICHLER, S. C. LEAL, T. C. A. B. Doses de potássio nas respostas morfofisiológicas de alface. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 4, p. 21-27, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/1756/4669>. Acesso em: 15 jul. 2022.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D. S.; REIS, E. F. R.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. A. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 147-157, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000100016>.

CHAVES, A. A. A.; LACERDA, M. P. C.; GOEDERT, W. J.; RAMOS, M. L. G.; KATO, E. Indicadores de qualidade de Latossolo Vermelho sob diferentes usos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [S. l.], v. 42, n. 4, p. 446-454, dez. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1983-40632012000400002>.

CHERUBIN, M. R.; EITELWEIN, M. T.; FABBRIS, C.; WEIRICH, S. W.; SILVA, R. F.; SILVA, V. R.; BASSO, C. J. Qualidade física, química e biológica de um latossolo com diferentes manejos e fertilizantes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.], v. 39, n. 2, p. 615-625, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbc20140462>

CLARK, F. E. **Agar-plate method for total microbial count**. In Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties. (C.A. Blanc, D. Evans, J.L. White, L.E. Ensminger, F.E. Clark & R.C. Dinauer, eds.). Madson Inc., New York, p.1460-1466, 1965.

COSTA, C. C.; CECÍLIO FILHO, A. B.; REZENDE, B. L. A.; BARBOSA, J. C.; GRANGEIRO, L. C. Viabilidade agrônômica do consórcio de alface e rúcula, em duas épocas de cultivo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 34-40, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362007000100008>.

DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. A. P. **Levantamento e classificação de solos**. 1 ed. Santa Maria: Departamento de solos – UFSM, 2006, 174 p.

DAS, A.; PATEL, D. P.; KUMAR, M.; RAMKRUSHNA, G. I.; MUKHERJEE, A.; LAYEK, J.; NGACHAN, S. V.; BURAGOHAIN, J. I. Impact of seven years of organic farming on soil and produce quality and crop yields in eastern Himalayas, India. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S. l.], v. 236, p. 142-153, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2016.09.007>.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (org.). **Defining soil quality for a sustainable environment** Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21. (SSSA special publication, 35).

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de köppen de 1961 a 2015. **Confins**, [S. l.], n. 37, p. 1-20, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4000/confins.15738>.

EPELDE, L.; BURGÉS, A.; MIJANGOS, I.; GARBISU, C. Microbial properties and attributes of ecological relevance for soil quality monitoring during a chemical stabilization field study. **Applied Soil Ecology**, [S. l.], v. 75, p. 1-12, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.10.003>.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência Agrotecnologia**. v. 35, n. 6, p.1039-1042, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/yjKLJXN9KysfmX6rvL93TSh/?lang=en>. Acesso em: 20 fev. 2022.

FERREIRA, E. P. B.; STONE, L. F.; MARTIN-DIDONET, C. C. G. Population and microbial activity of the soil under an agro-ecological production system. **Revista Ciência Agrônômica**, [S. l.], v. 48, p. 22-31, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20170003>. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/4183>. Acesso em: 20 jun. 2022.

FOIS, D. A. F.; LANA, M. C.; VERA, L. R. Q.; ALVAREZ, J. W. R.; ROJAS, C. A. L.; TIECHER, T. Efeito do gesso agrícola na disponibilidade de enxofre e no rendimento da soja e milho safrinha. **Revista Cultivando o Saber**, v. 10, n. 3, p. 35-47, 2017. Disponível em: <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/803/729>. Acesso em: 24 jun. 2022.

FREITAS, L.; DE OLIVEIRA, I. A.; SILVA, L. S.; FRARE, J. C. V.; FILLA, V. A.; GOMES, R. P. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Unimar Ciências**, Marília-SP, v. 26, n. 1-2, p. 8-25, 2017. Disponível em: <http://ojs.unimar.br/index.php/ciencias/article/view/511/278>. Acesso em: 28 abr. 2022.

FREITAS, L.; MARTINS FILHO, M. V.; CASAGRANDE, J. C.; OLIVEIRA, I. A.; SILVA, L. G. Soil quality indicator of oxisols grown with sugarcane and native forest in northeastern São Paulo state, Brazil. **Environmental Earth Sciences**, [S. l.], v. 77, n. 18, p. 1-9, 2018.

GOMES, F. S.; SANTOS, R. A.; GUARIZ, H. R. Levantamento de propriedades de densidade aparente, densidade de partículas e porosidade total em latossolos amarelo. **Agrarian Academy**, [S. l.], v. 5, n. 12, p. 79-93, 2019. DOI: http://dx.doi.org/10.18677/agrarian_academy_2019b8.

GUALBERTO, R.; OLIVEIRA, P. S. R.; GUIMARÃES, A. M. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de alface do grupo crespa em cultivo hidropônico. **Horticultura Brasileira**, [S. l.], v. 27, n. 1, p. 7-11, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362009000100002>.

- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades Panorama**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/fronteira/panorama>. Acesso em: 19 jan. 2022.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual Técnico de Pedologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE; 2015. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=295017>. Acesso em: 23 jun. 2022.
- JERKE, C.; SOUSA, D. M. G.; GOEDERT, W. J. Distribuição do carbono orgânico em Latossolo sob manejo da adubação fosfatada em plantio direto no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 3, p. 442-448, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2012000300017>.
- KAUTZ, T. Research on subsoil biopores and their functions in organically managed soils: a review. **Renewable Agriculture And Food Systems**, [S. l.], v. 30, n. 4, p. 318-327, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/s1742170513000549>.
- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: Relações solo-planta**. São Paulo-SP, Ceres, 1979. 262p
- KLEIN, V.A. **Física do solo**. Passo Fundo, Universidade de Passo Fundo, 2008. 240p.
- KOSTERNA, E. Soil mulching with straw in broccoli cultivation for early harvest. **Journal of Ecological Engineering**, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 100-107, 2014. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993.1094985>.
- LEAL, M. L. A.; CHAVES, J. S.; SILVA, J. A.; SILVA, L. S.; SOARES, R. B.; NASCIMENTO, J. P. S.; MATOS, S. M.; TEIXEIRA JÚNIOR, D. L.; BRITO NETO, A. F. Efeito dos sistemas de manejo e do uso do solo na população de microrganismos do solo. **Research, Society And Development**, [S. l.], v. 10, n. 9, e21910917966, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i9.17966>.
- LIMA, C. G. R.; CARVALHO, M. P.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R. C. Correlação linear e espacial entre a produtividade de forragem, a porosidade total e a densidade do solo de Pereira Barreto (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.], v. 31, n. 6, p. 1233-1244, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832007000600002>.
- LOPES, A. A. C.; SOUSA, D. M. G.; CHAER, G. M.; REIS JUNIOR, F. B.; GOEDERT, W. J.; MENDES, I. C. Interpretation of microbial soil indicators as a function of crop yield and organic carbon. **Soil Science Society Of America Journal**, [S. l.], v. 77, n. 2, p. 461-472, 2013.
- LOPES, A. A. C.; SOUSA, D. M. G.; REIS, F. B.; FIGUEIREDO, C. C.; MALAQUIAS, J. V.; SOUZA, L. M.; MENDES, I. C. Temporal variation and critical limits of microbial indicators in oxisols in the Cerrado, Brazil. **Geoderma Regional**, [S. l.], v. 12, p. 72-82, 2018.
- MAIA, C. M. B. F.; NOVOTNY, E. H.; RITTL, T. F.; HAYES, M. H. B. Soil organic matter: chemical and physical characteristics and analytical methods. A Review. **Current Organic Chemistry**, v. 17, n. 24, p. 2985–2990, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.2174/13852728113179990123>.
- MARINARI, S.; MANCINELLI, R.; CAMPIGLIA, E.; GREGO, E. Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in Central Italy. **Ecological Indicators**, v. 6, n. 4, p. 701-711, 2006.
- MELO, V. F.; SILVA, D. T.; EVALD, A.; ROCHA, P. R. R. Qualidade química e biológica do solo em diferentes sistemas de uso em ambiente de savana. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 11, n. 2, p. 101-110, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v11i2.3850>.
- MENESES, N. B.; MOREIRA, M. A.; SOUZA, I. M.; BIANCHINI, F. G. Crescimento e produtividade de alface sob diferentes tipos de cobertura do solo. **Revista Agro@Mambiente On-Line**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 123-129, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i2.3009>.
- MUNSELL, A. H. **Munsell soil color charts**. New Windsor, 1994. Revised edition.
- NIERO, L. A. C.; DECHEN, S. C. F.; COELHO, R. M.; MARIA, I. C. Avaliações visuais como índice de qualidade do solo e sua validação por análises físicas e químicas em um latossolo vermelho

distroférico com usos e manejos distintos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.], v. 34, n. 4, p. 1271-1282, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832010000400025>.

NOVAK, E.; CARVALHO, L. A.; SANTIAGO, E. F.; BRUMATTI, A. V.; SANTOS, L. L.; SALES, L. C. Variação temporal dos atributos microbiológicos do solo sob diferentes usos. **Revista de Ciências Agrárias**, [S. l.], p. 603-611, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.19084/RCA17300>.

OLIVEIRA, A. N.; OLIVEIRA, A. N.; SILVA, K. R.; SILVA, L. J. A.; MELLO, A. H. Atributos químicos de solo sob diferentes sistemas de uso e manejo no projeto de assentamento Veneza - São Domingos do Araguaia, PA. **Revista Agroecossistemas**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 170-179, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.18542/ragros.v9i1.4781>.

OLIVEIRA, D. M. S.; LIMA, R. P.; VERBURG, E. E. J. Qualidade física do solo sob diferentes sistemas de manejo e aplicação de dejetos líquidos suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S. l.], v. 19, n. 3, p. 280-285, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n3p280-285>.

OLIVEIRA, K. J. B.; LIMA, J. S.S.; AMBRÓSIO, M. M. Q.; BEZERRA NETO, F.; CHAVES, A. P. Propriedades nutricionais e microbiológicas do solo influenciadas pela adubação verde. **Revista de Ciências Agrárias**, [S. l.], v. 40, n. 1, p. 23-33, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.19084/RCA16010>.

PINHEIRO, A. S.; MARTINS, E. S.; MARTINS, H. L. Quantificação de bactérias e fungos em solos de cultivo convencional e agroecológico em Fronteira/MG. **Nucleus**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 357-365, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.3738/1982.2278.3773>.

PORTUGUAL, A. F.; JUNCKSH, I.; SCHAEFER, C. E. R. G. Estabilidade de agregados em argissolo sob diferentes usos, comparado com mata. **Revista Ceres**, v. 57, n. 4, p. 545-553, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2010000400018>.

PRADO, R. B.; FIDALGO, E. C. C.; MONTEIRO, J. M. G.; SCHULER, A. E.; VEZZANI, F. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, A. P.; VIANA, J. H. M.; PEDREIRA, B. C. C. G.; MENDES, I. C.; REATTO, A.; PARRON, L. M.; CLEMENTE, E. P.; DONAGEMMA, G. K.; TURETTA, A. P. D.; SIMÕES, M. Current overview and potential applications of the soil ecosystem services approach in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S. l.], v. 51, n. 9, p. 1021-1038, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900002>.

PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas**. 2. ed. São Paulo: Editora UNESP, 2020. 416p.

PRAGANA, R. B.; RIBEIRO, M. R.; NÓBREGA, J. C. A.; RIBEIRO, M. R.; COSTA, J. A. Qualidade física de Latossolos Amarelos sob plantio direto na região do cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 5, p. 1591-1600, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000500023>.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agrônomo, 2001, 285p.

RAMOS, M. R.; FAVARETTO, N.; UHLMANN, A.; DIECKOW, J.; VEZZANI, F.; ALMEIDA, L. Produção de hortaliças no sistema orgânico: efeito nos atributos físicos do solo. **Revista de Ciências Agrárias - Amazon Journal Of Agricultural And Environmental Sciences**, [S. l.], v. 58, n. 1, p. 45-51, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/rca.1666>.

RESENDE, J. M. A.; MARQUES JÚNIOR, J.; MARTINS FILHO, M. V.; DANTAS, J. S.; SIQUEIRA, D. S.; TEIXEIRA, D. B. Variabilidade espacial de atributos de solos coesos do leste maranhense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.], v. 38, n. 4, p. 1077-1090, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832014000400004>.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 26 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31004/1/BPD-8.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2022.

SALA, F. C.; COSTA, C. P. Retrospectiva e tendência da alfacultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, [S. l.], v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000200002>.

SALES, H. F. S. **Adubação orgânica e teores foliares da alface, cv. Simpson**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Capanema, 2019.

SANTOS, E. L. E.; SEIDEL, E. J.; PAZINI, J. B.; OLIVEIRA, M. S.; APPEL NETO, E.; BARBOSA, I. C. Some aspects about the spatial dependence index for variability of soil attributes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 48, n. 6, p. 1-7, 2018.

SANTOS, H. L.; VASCONCELOS, C. A.; FRANCA, G. E.; NOGUEIRA, F. D. Enxofre. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 7, n. 81, p. 53-54, 1981.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5 ed. (revista e ampliada). Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005, 100p.

SILVA, C. M. M. S.; VIEIRA, R. F. Impacto de xenobióticos e metais pesados na microbiota do solo. *In*: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. (Ed.). **Microbiologia ambiental**. 2.ed. rev. ampl. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2008. p.17-48. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/150072/1/2008CL-53.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2023.

SILVA, G. F.; SANTOS, D.; SILVA, A. P.; SOUZA, J. M. Indicadores de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso na mesorregião do agreste paraibano. **Revista Caatinga**, [S. l.], v. 28, n. 3, p. 25-35, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252015v28n303rc>.

SILVA, M. O.; VELOSO, C. L.; NASCIMENTO, D. L.; OLIVEIRA, J.; PEREIRA, D. F.; COSTA, K. D. S. Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. **Brazilian Journal Of Development**, [S. l.], v. 6, n. 7, p. 47838-47855, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n7-431>.

SINGH, B. K.; TRIVEDI, P.; EGIDI, E.; MACDONALD, C. A.; DELGADO-BAQUERIZO, M. Crop microbiome and sustainable agriculture. **Nature Reviews Microbiology**, [S. l.], v. 18, n. 11, p. 601-602, 2020.

SMANIOTTO, A. O.; ALVES, T.; CASTOLDI, G.; MORAES, V. H.; CRUZ, S. C. S.; TEMPESTA, I. F.; BRAZ, M. G. Importância da condutividade elétrica aparente do solo. **Informe Goiano - Circular de Pesquisa Aplicada**, 2021. Disponível em: https://periodicos.ifgoiano.edu.br/index.php/informe_goiano/article/view/1311/890. Acesso em: 24 jun. 2022.

SOBRAL, L. F.; BARRETO, M. C. V.; SILVA, A. J.; ANJOS, J. L. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos**. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 15 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 206). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1042994/1/Doc206.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2022.

SOUSA, M. A.; REIS, I. M. S.; ALMADA, A. P.; ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; PINTO, L. A. R. S.; SILVA, C. F.; SANTOS, O. A. Q. Atributos químicos e frações da matéria orgânica em solos antrópicos na Amazônia Oriental. **Brazilian Journal Of Development**, [S. l.], v. 6, n. 5, p. 29623-29643, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n5-424>.

STEFANOSKI, D. C.; FIGUEIREDO, C. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L. Selecting soil quality indicators for different soil management systems in the Brazilian Cerrado. **Pesquisa Agropecuária**

Brasileira, [S. l.], v. 51, n. 9, p. 1643-1651, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900064>.

SUJA, G.; BYJU, G.; JYOTHI, A. N.; VEENA, S. S.; SREEKUMAR, J.; Yield, quality and soil health under organic vs conventional farming intaro. **Scientia Horticulturae**, [S. l.], v. 218, p. 334–343, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2017.02.006>.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p.

TIECHER, T.; SANTOS, D. R.; RASCHE, J. W. A.; BRUNETTO, G.; MALLMANN, F. J. K.; PICCIN, R. Resposta de culturas e disponibilidade de enxofre em solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica submetidos à adubação sulfatada. **Bragantia**, [S. l.], v. 71, n. 4, p. 518-527, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0006-87052013005000010>.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ASSIS, R. L. D.; SOUZA, Z. M. D. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho cultivado com plantas de cobertura, em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.], v. 39, n. 2, p. 428-437, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20140597>.

TRIANTAFYLLIDIS, V.; ZOTOS, A.; KOSMA, C.; KOKKOTOS, E. Effect of land-use types on edaphic properties and plant species diversity in Mediterranean agroecosystem. **Saudi Journal Of Biological Sciences**, [S. l.], v. 27, n. 12, p. 3676-3690, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.08.012>.

VALARINI, P. J.; FRIGHETTO, R. T. S.; SCHIAVINATO, R. J.; CAMPANHOLA, C.; SENA, M. M.; BALBINOT, L.; POPPI, R. J. Análise integrada de sistemas de produção de tomateiro com base em indicadores edafobiológicos. **Horticultura Brasileira**, [S. l.], v. 25, n. 1, p. 60-67, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362007000100012>.

VASCONCELLOS, R. L. F.; SEGAT, J. C.; BONFIM, J. A.; BARETTA, D.; CARDOSO, E. J. B. N. Soil macrofauna as an indicator of soil quality in an undisturbed riparian forest and recovering sites of different ages. **European Journal Of Soil Biology**, [S. l.], v. 58, p. 105-112, 2013.

VELOSO, C. A. C.; VIÉGAS, I. J. M.; OLIVEIRA, R. F.; BOTELHO, S. M. **Amostragem de solo e planta para análise química**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 39 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 266). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27654/1/Doc266.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2022.