

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**CURSO DE AGRONOMIA**

**FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SOB SISTEMAS  
ORGÂNICO E CONVENCIONAL DE PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS  
NO DISTRITO FEDERAL: UMA ABORDAGEM PRELIMINAR**

**EVELIN LORRANE VIEIRA SANTOS**

**BRASÍLIA, DF**

**2023**

**EVELIN LORRANE VIEIRA SANTOS**

**FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SOB SISTEMAS ORGÂNICO E  
CONVENCIONAL DE PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS NO DISTRITO FEDERAL:  
UMA ABORDAGEM PRELIMINAR**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Cícero Célio de Figueiredo

**BRASÍLIA, DF**

**2023**

Santos, Evelin Lorrane Vieira

Frações da matéria orgânica do solo sob sistemas orgânico e convencional de produção de hortaliças no Distrito Federal/ Evelin Lorrane Vieira Santos; orientador Cícero Célio de Figueiredo. – Brasília, 2023.

p. : il.

Monografia (Graduação – Agronomia) – Universidade de Brasília, 2023.

1. carbono lábil. 2. cultivo convencional. 3. cultivo orgânico. 4. hortaliças. 5. matéria orgânica do solo. I. Figueiredo, Cícero Célio de, orient. II. Título.

## **CESSÃO DE DIREITOS**

Nome da Autora: Evelin Lorrane Vieira Santos

Título: Frações da matéria orgânica do solo sob sistemas orgânico e convencional de produção de hortaliças no Distrito Federal: uma abordagem preliminar

Ano: 2023

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias dessa monografia e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação, e nenhuma parte desse relatório pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

**EVELIN LORRANE VIEIRA SANTOS**

**FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SOB  
SISTEMAS ORGÂNICO E CONVENCIONAL DE PRODUÇÃO DE  
HORTALIÇAS NO DISTRITO FEDERAL: UMA ABORDAGEM  
PRELIMINAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Aprovado em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

**Prof. Dr. Cícero Célio de Figueiredo**  
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária –  
Universidade de Brasília  
Orientador

---

**MSc. Roberto Guimarães Carneiro**  
Emater DF.  
Examinador

---

**Dra. Camila Rodrigues Costa**  
Universidade de Brasília  
Examinadora

*Dedico este trabalho aos meus pais Roberto  
André Santos de Oliveira e Gisele Elaine  
Vieira Santos, grandes exemplos de vida.*

## AGRADECIMENTOS

*Agradeço em primeiro lugar a Deus, por me guiar durante essa jornada e me conceder força e sabedoria para superar as adversidades. Sou grata por Sua infinita bondade e por me permitir ver o poder da Sua graça em minha vida.*

*Aos meus pais, André e Gisele, não tenho palavras para expressar minha gratidão. Sempre estiveram ao meu lado em todas as fases da minha vida, o amor incondicional, apoio constante e sacrifícios incansáveis foram cruciais para minha jornada acadêmica e para me tornar a pessoa que sou hoje. Ao meu irmão, Marcelo, sou grata por ter você em minha vida, obrigada por compartilhar seus conhecimentos e habilidades comigo.*

*Também quero agradecer aos meus amigos, em especial, Nathalia e Yvanna, que sempre estiveram presentes para me ouvir, encorajar e distrair em momentos de estresse e dificuldade. Agradeço a minha querida amiga, Beatriz pelos momentos de descontração que me ajudaram a recarregar as energias e a enfrentar os desafios com mais leveza.*

*Expresso aqui também minha sincera gratidão ao meu orientador, Cícero Célio de Figueiredo, agradeço por sua dedicação, conhecimento e apoio durante toda a jornada do meu TCC. Seu comprometimento com a excelência acadêmica e seu papel fundamental como orientador foram inestimáveis para o meu sucesso. Ao Doutorando, Roberto Carneiro, pelas suas contribuições para que este trabalho fosse possível, você é um exemplo de dedicação que foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.*

*A Universidade de Brasília, sou grata por fazer parte desta instituição extraordinária. A todos os professores, que me apoiaram em todos os momentos, e me proporcionaram uma experiência educacional enriquecedora e significativa.*

*Por fim, gostaria de expressar minha gratidão a todos que me apoiaram durante essa jornada, este trabalho é dedicado a todos vocês, que fizeram parte desta caminhada comigo e me ajudaram a alcançar este momento tão significativo.*

*Obrigada de coração!*

“Tenho-vos dito isso, para que em mim tenhais paz; no mundo tereis aflições, mas tende bom ânimo; eu venci o mundo.”

*(João 16:33)*

## RESUMO

### **Frações da matéria orgânica do solo sob sistemas orgânico e convencional de produção de hortaliças no Distrito Federal**

A matéria orgânica do solo (MOS) é um dos principais indicadores da qualidade do solo e da produtividade agrícola, sendo um componente de suma importância para diversas funções que sustentam a produtividade das culturas como estruturação do solo, geração de cargas elétricas e fornecimento de nutrientes para as plantas. Os sistemas orgânicos e convencionais de produção de hortaliças são distintos no fornecimento e no acúmulo de MOS. A maior parte dos estudos sobre esse tema considera apenas uma ou poucas áreas de estudo. Portanto, há ainda a necessidade de se compreender os efeitos de sistemas orgânicos e convencionais de hortaliças considerando uma grande variedade de teor de argila, de insumos empregados e níveis tecnológicos adotados. Este estudo teve por objetivo avaliar frações da MOS sob sistemas orgânico e convencional de produção de hortaliças no Distrito Federal. Para isso, foram utilizadas noventa amostras de solo coletadas em 53 propriedades comerciais distribuídas em todas as regiões produtoras do DF. As amostras de solo foram submetidas a determinação da MOS total e das frações C lábil (CL), C orgânico particulado (COP) e associado aos minerais (COAM). Os resultados indicam que o sistema orgânico promoveu maiores teores de C em todas as frações da MOS avaliadas. Portanto, a produção orgânica de hortaliças promove um equilíbrio no tipo de MOS aumentando tanto as frações que fornecem nutrientes em curto prazo (lábeis) quanto aquelas com potencial para sequestrar C no solo por longos períodos (estáveis).

**Palavras-chave:** Carbono lábil; Cultivo Convencional; Cultivo Orgânico; Hortaliças; Matéria Orgânica do Solo.



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>11</b>
2.1. Produção de hortaliças no Distrito Federal .....	11
2.1.1. <i>Área ocupada por hortaliças no DF.....</i>	<i>11</i>
2.1.2. <i>Principais culturas de hortaliças produzidas no DF.....</i>	<i>12</i>
2.2. Produção convencional e orgânica de hortaliças.....	12
2.3. Frações da matéria orgânica do solo (MOS) .....	13
2.3.1. <i>Importância da matéria orgânica do solo .....</i>	<i>14</i>
2.3.2. <i>Benefícios da matéria orgânica para o solo .....</i>	<i>15</i>
2.3.3. <i>Desafios para a produção de hortaliça com base no uso de insumos orgânicos</i>	<i>16</i>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>17</b>
3.1. Área de estudo.....	17
3.2. Amostragem e preparação do solo .....	18
3.3. Determinação de frações da matéria orgânica do solo.....	9
3.3.1. <i>Fracionamento físico-granulométrico da matéria orgânica do solo.....</i>	<i>9</i>
3.3.2. <i>Carbono orgânico total.....</i>	<i>10</i>
3.3.3. <i>Carbono Lábil.....</i>	<i>10</i>
3.4. Análise estatística .....	12
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>12</b>
4.1. Carbono orgânico total.....	12
4.2. Carbono particulado e associado aos minerais .....	13
4.3. Carbono lábil.....	14
4.4. Influência do sistema de manejo entre as frações da Matéria Orgânica do Solo	16
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>18</b>
<b>6. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>19</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de hortaliças está entre as mais importantes atividades agrícolas no Distrito Federal e em diversas regiões do mundo. Tal produção ocorre principalmente nos arredores das grandes cidades, próximas ao mercado consumidor, por se tratar de produto perecível e reduzindo custos e perdas (ASSENÇÃO, 2020). Desse modo, é fundamental o monitoramento periódico da qualidade do solo e a adoção de práticas de manejo sustentáveis que proporcionem a produção de alimentos saudáveis, com altas produtividades, sem comprometer as demais funções do solo e sua qualidade. O aporte de material orgânico promove o aumento da matéria orgânica do solo (MOS), que por apresentar muitos grupos funcionais, complexa grande quantidade de metais pesados (STEVENSON, 1994). A adição de adubos ou compostos orgânicos promove a melhoria no ciclo dos nutrientes, melhorando sua disponibilidade. As plantas bem nutridas apresentam maior tolerância a estresses, inclusive ao efeito tóxico de metais pesados (MARSCHNER, 1995).

A (MOS) é um importante componente que influencia diversas propriedades do solo, tais como a fertilidade, a capacidade de retenção de água e nutrientes, a estrutura do solo, a atividade biológica e a biodiversidade (CUNHA et al., 2015). Portanto, a capacidade de estimar quantitativamente as frações do MOS é especialmente importante para entender a sua dinâmica em sistemas gerenciados intensivamente à medida que avançamos em direção à adoção de práticas ambientalmente mais sólidas e sustentáveis (CAMBARDELLA & ELLIOT, 1992).

As frações da MOS podem variar de acordo com o tipo de sistema de produção de hortaliças adotado. Os sistemas orgânicos de produção de hortaliças têm como principal objetivo a promoção da sustentabilidade do sistema de produção, e isso se reflete na composição da MOS. Diferentemente dos sistemas convencionais, os sistemas orgânicos utilizam práticas agrícolas que favorecem o aumento da quantidade e da qualidade da MOS, tais como a adubação orgânica, rotação de culturas e cultivo de plantas de cobertura.

Estudos demonstram que a fração mais estável e resistente da MOS (fração humificada) é mais abundante em solos sob sistemas orgânicos de produção de hortaliças (SEDIYAMA et al., 2014). Por outro lado, estudos mostram que solos sob sistemas convencionais de produção de hortaliças tendem a apresentar menor teor e

menor estabilidade da MOS, além de maior presença de matéria orgânica mais lábil e facilmente degradável (ZANDONADI et al., 2014)

Nesse contexto, é importante conhecer a composição e distribuição das frações da matéria orgânica do solo em sistemas de produção de hortaliças no Distrito Federal. Essa caracterização pode fornecer informações relevantes para o manejo do solo e escolha de práticas agrícolas que favoreçam a qualidade do solo e aumentem a produtividade de hortaliças na região. Assim, a investigação da MOS em sistemas de produção de hortaliças no DF pode contribuir para o desenvolvimento de sistemas de produção mais sustentáveis e para a melhoria da qualidade e produtividade do solo na região.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Produção de hortaliças no Distrito Federal**

A crescente demanda por alimentos no DF, sobretudo por hortaliças, são impulsionadas pela combinação do crescimento populacional, aumento de renda e busca por alimentos mais saudáveis por parte dos habitantes (SOARES, 2013). É uma atividade agrícola que envolve o cultivo de uma variedade de vegetais para suprir a demanda local por alimentos frescos.

Os níveis de rendimento médio alcançados pelos produtores de hortaliças do DF são atribuídos, em parte, ao uso em nível elevado de insumos e de práticas modernas de produção, aliados aos esforços conjugados das diversas instituições (pesquisa, extensão rural e bancária) que atuam no DF (KURIHARA et al., 1990), essas iniciativas visam melhorar as técnicas de produção, promover a sustentabilidade ambiental e aumentar a renda dos agricultores.

Diversas hortaliças são produzidas na região, incluindo alface, rúcula, agrião, couve, espinafre, tomate, pimentão, berinjela, abobrinha, cenoura, beterraba, entre outras (EMATER, 2022). Além disso, a agricultura familiar desempenha um papel importante na região, com a produção de hortaliças em pequenas propriedades, o que contribui para a segurança alimentar e a geração de renda local (OLIVEIRA et al., 2014).

A comercialização das hortaliças produzidas ocorre principalmente na CEASA-DF, feira do produtor de Ceilândia e de Planaltina e em feiras livres, onde os agricultores têm a oportunidade de vender diretamente para os consumidores. Além disso, parte da produção é destinada ao abastecimento de restaurantes, supermercados e programas governamentais como o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), Programa de Aquisição da Produção da Agricultura (PAPA), (SEAGRI-DF, 2020), e Programa nacional de alimentação escolar (PNAE) (FNDE, 2023).

#### **2.1.1. Área ocupada por hortaliças no DF**

O DF possui uma área total de 5.760,784 km<sup>2</sup> (IBGE, 2022). Desse total, cerca de 9.150.878 hectares estão sob produção de hortaliças. O número total de agricultores no DF é de 13.622. A maior região administrativa em termos de produção

de hortaliças é Alexandre Gusmão, com 1.400 hectares, representando 17,94% da área total do DF. A produção total de hortaliças no Distrito Federal é de 239 mil toneladas, sendo que as principais regiões produtoras de hortaliças do DF são: Brazlândia, Ceilândia, Gama, Jardim, PAD-DF, Paranoá e Alexandre Gusmão. (EMATER-DF, 2022).

### 2.1.2. Principais culturas de hortaliças produzidas no DF

A seguir são apresentadas as principais culturas de hortaliças produzidas no DF.

Cultura	Área Cultivada (hectares)	Produção total (toneladas)
Tomate	<b>5,01%</b>	<b>16,45%</b>
Alface	<b>18,08%</b>	<b>11,09%</b>
Abóbora	<b>7,60%</b>	<b>4,22%</b>
Couve	<b>4,25%</b>	<b>6,97%</b>
Mandioca	<b>11,45%</b>	<b>8,51%</b>

Tabela 1. Porcentagem de produção das culturas de hortaliças mais produzidas no Distrito Federal (DF). Fonte: EMATER-DF

No entanto, vale ressaltar que pode haver outras culturas de menor escala não listadas nos dados fornecidos. A produção de abóbora, batata-doce, berinjela, cebola e repolho é significativa, mas em menor escala em comparação com as culturas mencionadas (Tabela 1). A produção de hortaliças no DF é diversificada, com várias regiões administrativas contribuindo de forma significativa (EMATER-DF, 2022).

### 2.2. Produção convencional e orgânica de hortaliças

No caso específico da produção de hortaliças, o manejo do solo costuma ser bastante intensivo no sistema convencional. Muitas vezes são utilizadas quantidades excessivas de fertilizantes, o que pode causar desequilíbrios químicos no solo e nutricionais na cultura. Além disso, as glebas são, em geral, utilizadas continuamente, ciclo após ciclo, e, em alguns casos, com revolvimento excessivo da camada arável. O sistema orgânico de produção de hortaliças, por sua vez, prioriza a adição e a manutenção da matéria orgânica, a cobertura do solo e o revolvimento mínimo. Mas

a preocupação com a conservação do solo está crescendo na produção convencional e, por isso, a utilização de práticas conservacionistas, como a adubação verde e a cobertura vegetal, está ganhando cada vez mais espaço também no cultivo convencional (RESENDE et al., 2007)

### **2.3. Frações da matéria orgânica do solo (MOS)**

Compreende-se por matéria orgânica do solo (MOS) todo o carbono orgânico presente no solo na forma de resíduos frescos ou em diversos estágios de decomposição, compostos humificados e materiais carbonizados (ex.: carvão em solos de savana), associados ou não à fração mineral; assim como a porção viva, composta por raízes e pela micro, meso e macrofauna (ROSCOE, 2002). O carbono orgânico é um dos indicadores mais frequentemente usados na avaliação da qualidade e da sustentabilidade do solo. Tal atributo tem forte impacto sobre outras propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (PARRON et al., 2015).

A MOS é a principal fonte de carbono (C) para os microrganismos, porém, nem todo C da matéria orgânica é transformado em célula microbiana. Grande parte se perde sob a forma de CO<sub>2</sub> decorrente de sua mineralização. A quantidade de C da matéria orgânica, assimilável pelos micro-organismos do solo, é variável segundo o microrganismo ou grupos de microrganismos considerados (DA CUNHA et al., 2015). À medida que a decomposição avança no interior dos agregados, as frações orgânicas mais lábeis, como os carboidratos e as proteínas, são consumidas pelos microrganismos e podem fazer parte da biomassa microbiana (PILLON et al., 2002). Em uma primeira etapa, ocorre a interação da fração mineral com MOS humificada, formando complexos organominerais. Em uma segunda fase, com a inclusão de mais MOS humificada e parte de MOS transitória, há a formação de micro agregados. Finalmente, os últimos são unidos uns aos outros, formando macro agregados. (ROSCOE, 2006).

A MOS pode ser classificada em matéria orgânica viva e morta. A matéria orgânica viva, que raramente ultrapassa 4% do carbono orgânico total do solo (COT), pode ser subdividida em três compartimentos: raízes (5% - 10%), macroorganismos ou fauna do solo (1% - 30%), e microrganismos (60% - 80%). O componente morto da matéria orgânica pode contribuir com cerca de 98% do COT, podendo ser subdividido em matéria macrorgânica e húmus (MENDONÇA & LEITE, 2006).

O fracionamento visa separar frações homogêneas quanto à natureza, dinâmica e função da MOS, mas, ao mesmo tempo, manter sua identidade. A escolha do método de fracionamento depende do objetivo a alcançar, seja a caracterização química da MOS ou a quantificação de pools da MOS, associados à ciclagem e liberação de nutrientes para as plantas (ROSCOE & MACHADO, 2002). De acordo com estudos de Freixo et al. (2002), a análise física fracionada no estudo da MOS, tem se mostrado uma abordagem promissora. Essa técnica possibilita a separação dos diferentes componentes orgânicos, cada um deles relacionado às práticas e formas de manejo utilizadas. Em regiões temperadas, essa técnica é frequentemente empregada para avaliar como as frações orgânicas separadas por esse método se relacionam com os teores de carbono em componentes mais estáveis do solo (como carbono associado a partículas de areia, silte e argila) e em formas mais suscetíveis de MOS (como o carbono presente na fração leve). Isso ajuda a identificar práticas de manejo mais conservacionistas.

### **2.3.1. Importância da matéria orgânica do solo**

A importância da MOS é abrangente, assim como sua constituição. Sua atuação influencia tanto na melhoria de condições físicas (aeração, maior retenção e armazenamento de água) quanto nas propriedades químicas e físico-químicas, bem como no fornecimento de nutrientes às plantas e na maior capacidade de troca catiônica do solo (CTC) (FIGUEIREDO, 2009). Sua perda pode interferir drasticamente nesses processos, dificultando o desempenho das funções do solo, provocando desequilíbrios no sistema e, conseqüentemente, desencadeando o processo de degradação (ROSCOE, 2006).

A adição de matéria orgânica (MO) ao solo ocorre pela deposição de resíduos orgânicos, principalmente de origem vegetal. Por meio da fotossíntese, as plantas captam o CO atmosférico, fixando-o no tecido vegetal. Através da liberação de exsudatos radiculares no perfil do solo, durante o crescimento dos vegetais, parte do carbono (C) fixado fotossinteticamente é depositado no solo. O restante é incorporado ao solo pela deposição de folhas ou de toda parte aérea das plantas, após a sua senescência (PILLON et al., 2002). Os nutrientes essenciais podem estar ligados à MOS de diversas formas, como constituintes dos polímeros orgânicos ou como ligantes da MOS com os minerais. Entre os nutrientes essenciais, N, P e S apresentam

forte dependência da MOS para serem disponibilizados para as plantas (FIGUEIREDO, 2009).

De acordo com Stevenson, (1994) quanto maior o aporte de resíduos vegetais no solo, maior será o potencial para aumento de MOS ou de C, desde que a saída (erosão, lixiviação e decomposição da MO) de C do sistema solo planta seja menor que a quantidade de C adicionada ao solo (balanço positivo de C nos sistemas sob cultivo. Resumidamente, a MOS serve para dar vida ao solo, pois na sua ausência, o solo não tem como manter qualquer tipo de cobertura vegetal (VEZZANI & MIELNICZUK, 2009).

### **2.3.2. Benefícios da matéria orgânica para o solo**

O solo é reconhecido pelo seu múltiplo papel nos serviços prestados pelos ecossistemas, tais como a retenção de carbono e nitrogênio, a manutenção da qualidade da água, a redução da lixiviação de nitrato, o equilíbrio do clima e a conservação da biodiversidade (PARRON et al., 2015). A MOS desempenha papel fundamental, com reflexo na estabilidade e produtividade dos agroecossistemas. A ciclagem da matéria orgânica do solo é controlada por taxas de deposição, decomposição e renovação dos resíduos que ocorrem de forma dinâmica (COSTA et al., 2013). A MOS controla a qualidade do solo, pois influencia fortemente a produtividade das plantas, condiciona diversas propriedades físicas, químicas e físico-hídricas do solo, tampona a acidez e é substrato para a biota. Isso ocorre porque a MOS interage com a água, com o ar e com os componentes minerais da fase sólida, além de atuar como fonte de nutrientes e de energia para os microrganismos (BETTIOL et al., 2023).

A MOS é considerada um dos indicadores mais úteis para avaliação da qualidade do solo, pois sua interação com diversos componentes do solo exerce efeito direto na retenção de água no solo, formação de agregados, densidade do solo (Ds), pH, capacidade tampão, capacidade de troca catiônica (CTC), mineralização sorção de metais pesados, pesticidas e outros agroquímicos, infiltração, aeração e atividade microbiana (DA CUNHA et al., 2015). A utilização de compostos orgânicos para produção de mudas propicia um substrato com maiores teores de nutrientes garantido melhores condições para o desenvolvimento das plantas (FURLAN et al., 2007).

Aumentar o conteúdo de MOS é essencial para a recuperação de solos degradados e para o equilíbrio dos ecossistemas, de acordo com Moreira & Siqueira



(2006), o aumento na matéria orgânica do solo estimula os microrganismos, favorecendo a agregação do solo, melhorando o habitat microbiano e protege fisicamente a matéria orgânica do solo da decomposição.

### **2.3.3. Desafios para a produção de hortaliça com base no uso de insumos orgânicos**

A produção de hortaliças enfrenta alguns desafios em comparação com os métodos convencionais de cultivo, os custos unitários, em geral, são mais elevados em razão das despesas em que o produtor de orgânicos incorre para cumprir normas e requisitos exigidos pela legislação que rege a produção orgânica. A produtividade de algumas hortaliças nos sistemas orgânicos equipara-se à alcançada pelos sistemas convencionais. Entretanto, a produtividade da agricultura orgânica não tem sido alta o suficiente para mover os custos para o ponto mínimo equivalente ao alcançado pela produção convencional. A redução dos custos da produção orgânica é um dos maiores desafios para produtores, ao passo que para instituições de pesquisa o desafio é gerar tecnologias capazes de reduzir esses custos (RESENDE et al., 2007).

A eficiência agrônômica da adubação orgânica com resíduos orgânicos depende das características físicas, químicas, biológicas e graus de humificação que regulam as taxas de mineralização/liberação de nutrientes na forma assimilável para as plantas. Assim, resíduos não estabilizados devem passar pelo processo de compostagem, visando acelerar o processo de decomposição para ter sua eficiência aumentada (ABREU JÚNIOR et al., 2005). O substrato para a produção de mudas tem por finalidade garantir o desenvolvimento de uma planta com qualidade, em curto período, e baixo custo. A qualidade física do substrato é importante, por ser utilizado num estágio de desenvolvimento em que a planta é muito suscetível ao ataque por microrganismos e pouco tolerante ao déficit hídrico (FURLAN et al., 2007).

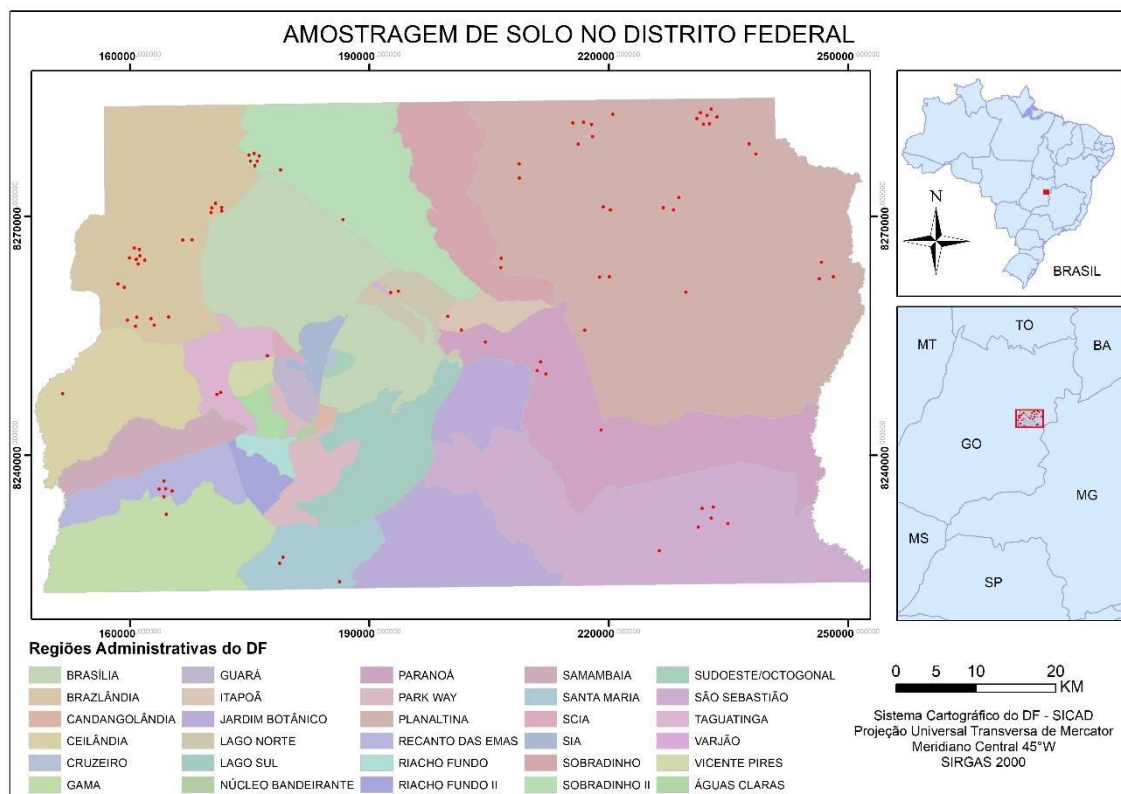
No geral, o desafio crucial enfrentado pelos produtores de hortaliças é adotar práticas de manejo que sejam ecologicamente saudáveis e assegurem a preservação da produtividade e sustentabilidade do solo. Portanto, a sustentabilidade da atividade hortícola está intrinsecamente ligada à conservação da qualidade do solo, uma vez que isso se torna imperativo para alcançar os objetivos da cadeia produtiva e atender às exigências das leis ambientais.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Área de estudo

O estudo abrangeu propriedades rurais espalhadas por toda a extensão do Distrito Federal (DF), que tem uma área geográfica de 5.783 km<sup>2</sup> e inclui 33 regiões administrativas. O DF está localizado na região Centro-Oeste do Brasil, entre os paralelos de 15°30' e 16°03' de latitude sul. De acordo com a classificação de Köppen & Geiger (1936), o clima regional é classificado como Cwa, com uma média anual de precipitação de 1500 mm e duas estações distintas: uma estação seca, de maio a setembro, e uma estação chuvosa, de outubro a abril. As temperaturas médias anuais máxima e mínima são 26,4 e 15,9°C, respectivamente.

Para a coleta das amostras de solo, foram escolhidas 53 propriedades rurais comerciais, aleatórias, com um total de 90 pontos de amostragem, representando as principais áreas produtoras de hortaliças, onde os solos apresentavam textura média e argilosa (Figura 1). Outro critério de seleção das propriedades foi garantir uma grande variedade de sistemas de produção: algumas propriedades adotavam práticas consideradas sustentáveis, enquanto outras não, algumas faziam uso intensivo de implementos para preparo do solo, enquanto outras não, e assim por diante. Isso incluiu sistemas de produção orgânica e suas variações, bem como sistemas com cultivo protegido e diferentes níveis de uso de adubos minerais sintéticos e orgânicos. Dessa forma, as amostras coletadas puderam representar um gradiente de teores de MOS e atividade biológica.



**Figura 1.** Pontos vermelhos representam as áreas de coleta de amostras compostas de solo para análises de fracionamento da MOS.

### 3.2. Amostragem e preparo das amostras de solo

Foram coletadas amostras de solo durante um período que compreendeu os dias 10 de junho a 13 de julho de 2022. Cada amostra consistiu em 10 subamostras extraídas na camada superficial de 0 a 10 cm (figura 2), garantindo-se que nenhum resíduo capaz de afetar os resultados das análises estivesse presente. As subamostras foram acondicionadas em recipientes e, aproximadamente, 500 gramas amostra de solo foram retirados. Cada amostra composta recebeu uma identificação adequada no local de coleta e foi transportada para o laboratório de secagem (figura 3), onde passou por um processo de peneiramento utilizando uma peneira de 2 mm (figura 4 e 5), removendo-se resíduos vegetais, raízes e outras impurezas visíveis (>2,0 mm). Após essa etapa, as amostras foram armazenadas em sacos plásticos devidamente rotulados para posterior análise.



**Figura 2.** Coleta de 10 subamostras de solo para posterior homogeneização.



**Figura 3.** Amostras de solo após coleta enviada ao laboratório para secagem ao ar livre.





**Figura 4.** Amostra de solo seca com resquícios vegetais e sem peneirar.



**Figura 5.** Amostra de solo após passar pela peneira de 2 mm e sem resíduos vegetais.

### 3.3. Determinação de frações da matéria orgânica do solo

#### 3.3.1. Fracionamento físico-granulométrico da matéria orgânica do solo

##### *Carbono da matéria orgânica particulada e associada aos minerais*

O fracionamento físico granulométrico foi realizado segundo Cambardella & Elliot (1992). Vinte gramas de terra fina seca ao ar (TFSA) passada na peneira de 2 mm foram colocados em frascos do tipo snap-cap de 250 ml, em seguida adicionados 80 mL de solução de hexametáfosfato de sódio ( $5 \text{ g L}^{-1}$ ), agitado por 15 h em agitador horizontal a 150 rpm. Após a agitação, o material foi passado em peneira de  $53 \mu\text{m}$ , com auxílio de jatos de água e o material retido na peneira foi seco em estufa a  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  até atingir peso constante e em seguida moído em gral de porcelana até passar em peneira de  $0,149 \text{ mm}$ , para avaliação do teor de C orgânico total da fração particulada (COP). O teor de COP foi determinado por combustão úmida por dicromatometria (WALKLEY & BLACK, 1934). O C orgânico associado aos minerais (COAM) foi estimado pela diferença entre o carbono orgânico total (COT) e o COP.

### 3.3.2. Carbono orgânico total

O carbono orgânico total (COT) foi determinado por oxidação via úmida com dicromato de potássio 1 N em meio sulfúrico, seguido da titulação com sulfato ferroso amoniacal sem aquecimento e sem fator de correção (WALKLEY & BLACK, 1934). Quinhentos miligramas de amostra de solo passado em peneira de malha 0,5mm foram pesados e colocados em Erlenmeyer de 500 ml. Foram adicionados 10 ml de dicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$ )  $0,167 \text{ mol L}^{-1}$  e 20 ml de ácido sulfúrico  $H_2SO_4$  concentrado, agitando bem para garantir a mistura do solo com os reagentes. Após o repouso de 30 minutos adicionaram-se 200 ml de água destilada e 1 ml de difenil amina 0,16%. A titulação foi feita com sulfato ferroso amoniacal  $[(NH_4)_2 Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O]$   $1 \text{ mol L}^{-1}$ , também chamado de Sal de Mohr. O cálculo do COT foi feito segundo Jackson (1970).



**Figura 6.** 20 g de amostra do solo pesados em frascos do tipo snap-cap de 250 mL.



**Figura 7.** Solução na agitadora.



**Figura 8.** Amostra após agitação, passada em peneira de 53 $\mu$ m.



**Figura 9.** Determinação de COT por combustão via úmida por dicromatometria (Walkley & Black, 1934).

### 3.3.3. Carbono Lábil

O procedimento foi realizado segundo Blair et al. (1995), adaptado por Shang & Tiessen (1997), onde o carbono lábil (CL) é considerado como o C oxidável pela solução de  $\text{KMnO}_4$   $0,033 \text{ mol L}^{-1}$ . Para tanto, 1 grama de TFSA passado na peneira com malha de 0,5 mm foi colocado em tubos de centrifuga de 50 mL enrolados com papel alumínio para evitar a foto oxidação do permanganato (figura 10). Foram adicionados 25 mL da solução de  $\text{KMnO}_4$   $0,033 \text{ mol L}^{-1}$ , agitados por 1 hora, e em seguida centrifugados por 5 minutos. Após centrifugação, 1 mL do sobrenadante foi pipetado em balões 37 volumétricos de 250 mL, completando seu volume com água destilada. Após isso, foi feita a leitura em espectrofotômetro em comprimento de onda de 565 nm (figura 11). Foi feita uma curva padrão para determinação do CL, a partir de uma solução contendo  $0,00060 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{KMnO}_4$  (figura 12). Para cada ponto da curva foram pipetadas em 5 balões de 100 mL quantidades correspondentes à: 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; e 10,0 mL completando o volume com água destilada. A mudança na concentração de  $\text{KMnO}_4$  foi usada para estimar a quantidade de carbono oxidado,



assumindo que 1 mM  $\text{MnO}_4^-$  é consumido ( $\text{MnVII} + \text{MnII}$ ) na oxidação de 0,75 mmol ou 9 mg de carbono.



**Figura 10.** 1 grama de TFSA em tubos de centrífuga de 50 mL com 25 mL da solução de  $\text{KMnO}_4$  para agitação em centrífuga por 1h.



**Figura 11.** Leitura em espectrofotômetro em comprimento de onda de 565 nm.



**Figura 12.** Preparo da curva padrão com a solução contendo  $0,00060 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{KMnO}_4$



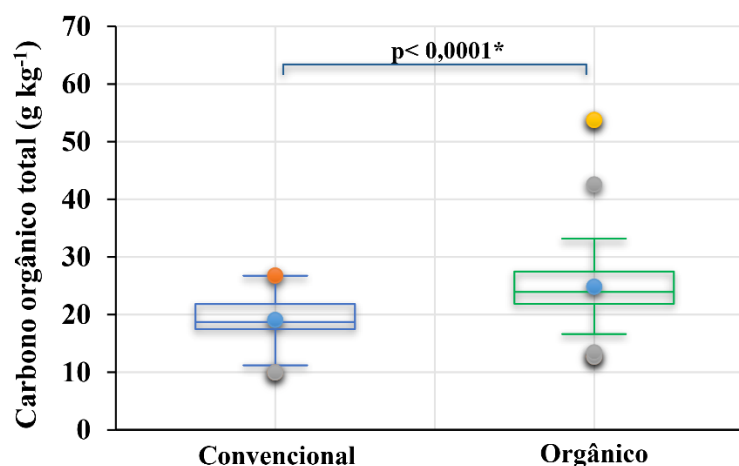
### 3.4. Análise estatística

Inicialmente os dados foram analisados quanto à normalidade e homoscedasticidade dos resíduos com o uso do teste de Lilliefors e Cochran. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste t ( $P < 0,05$ ). Os resultados foram apresentados na forma de box plots.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Carbono orgânico total

Na figura 1 estão apresentados os boxplots contendo as médias e os demais indicadores relacionados a dispersão dos dados. Os solos sob produção orgânica de hortaliças apresentaram maiores teores de COT do que aqueles sob cultivo convencional ( $p < 0,05$ ).



**Figura 1.** Carbono orgânico total do solo sob sistema de cultivo orgânico e convencional de hortaliças.

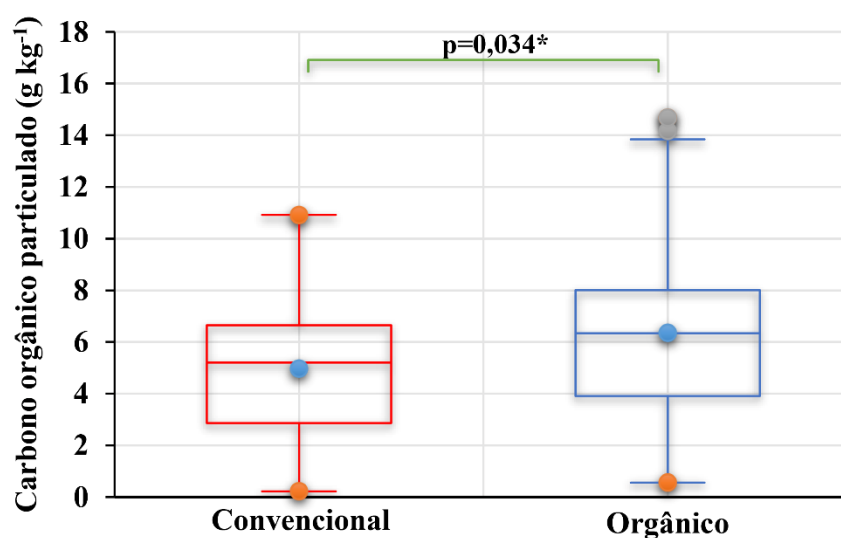
O teor de COT variou entre os solos estudados, sendo de 19 g kg<sup>-1</sup> para o sistema convencional e de 22 g kg<sup>-1</sup> para o orgânico. O teor de COT depende, essencialmente, da contribuição de C e do processo de decomposição/mineralização da MOS. Os maiores valores de COT no sistema orgânico (Figura 1) evidenciam

relação direta da matéria orgânica do solo como a principal fonte de nutrientes para o solo.

No presente estudo o COT foi determinado por dicromatometria sem fonte externa de calor. Portanto, o COT representa a parte facilmente oxidável da MOS total. Dessa forma, o sistema orgânico favorece o acúmulo de COT no solo, representando uma fonte de C que pode ser mais facilmente mineralizada no solo.

#### 4.2. Carbono particulado e associado aos minerais

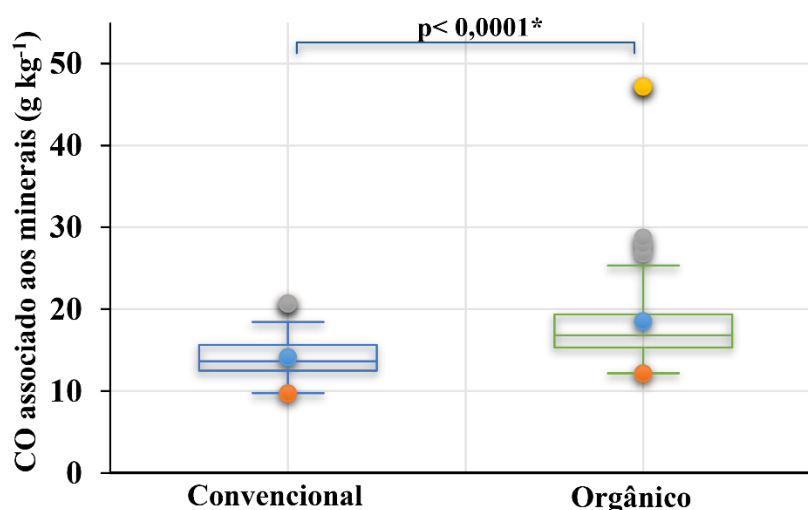
O sistema orgânico de produção de hortaliças também promoveu maior acúmulo de COP do que o sistema convencional ( $p < 0,05$ ; Figura 2). Essa fração é considerada altamente ativa biologicamente e desempenha um papel importante na ciclagem de nutrientes e na melhoria da estrutura do solo.



**Figura 2.** Carbono orgânico particulado do solo sob sistema de cultivo orgânico e convencional de hortaliças

O sistema de manejo orgânico também promoveu maiores teores de carbono orgânico associado aos minerais (COAM) no solo (Figura 3). Isso indica que o sistema de produção orgânica de hortaliças além de aumentar a matéria orgânica de fácil decomposição (COT e COP) também promove o acúmulo de matéria orgânica

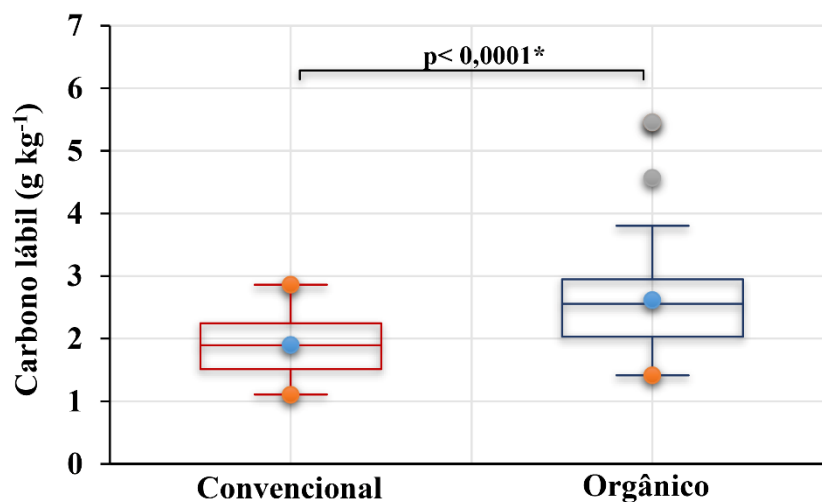
estabilizada com maior interação com os minerais do solo, formando complexos estáveis. Essa interação entre a matéria orgânica e os minerais é importante para a estabilidade da matéria orgânica no solo e para a sua proteção contra a decomposição. A adição de matéria orgânica, a maior diversidade de resíduos vegetais e a melhoria da atividade biológica no solo são fatores chave que contribuem para esses resultados.



**Figura 3.** Carbono orgânico associado aos minerais do solo sob sistema de cultivo orgânico e convencional de hortaliças

#### 4.3. Carbono lábil

O carbono lábil (CL) é uma fração de fácil decomposição do solo e é normalmente relacionada à maior qualidade da MOS. No presente estudo, o solo sob sistema orgânico de produção de hortaliças também apresentou maiores teores de CL do que o sistema convencional (Figura 4). Esse comportamento demonstra que a maior parte do carbono está na forma biodisponível, ou seja, CL.



**Figura 4.** Carbono lábil do solo sob sistema de cultivo orgânico e convencional de hortaliças

Esses resultados indicam que o sistema de manejo orgânico promove um ambiente favorável ao acúmulo de frações mais facilmente decompostas representando um bom substrato para os microrganismos do solo. Essa fração é considerada altamente ativa biologicamente e desempenha um papel fundamental na ciclagem de nutrientes e na disponibilidade de nutrientes para as plantas. De maneira geral o aporte de resíduos orgânicos no sistema orgânico promove o acúmulo de frações que podem liberar nutrientes mais facilmente no solo.

Além disso, o sistema de manejo orgânico geralmente envolve a rotação de culturas, o que contribui para a diversidade de resíduos vegetais adicionados ao solo. Essa diversidade de resíduos vegetais fornece uma ampla gama de compostos orgânicos que são facilmente decompostos, enriquecendo ainda mais a fração de carbono lábil no solo.

Isso indica que o manejo orgânico promove uma maior disponibilidade de carbono lábil no solo, o que é benéfico para a ciclagem de nutrientes e a disponibilidade de nutrientes para as plantas. Esses resultados destacam a importância do manejo orgânico na promoção da saúde e produtividade do solo.

#### 4.4. Influência do sistema de manejo entre as frações da Matéria Orgânica do Solo

Após a análise comparativa entre o sistema de manejo convencional e o sistema de manejo orgânico, verificou-se que o sistema orgânico apresentou médias maiores em todas as frações avaliadas. Isso indica que o manejo orgânico pode ser mais eficiente na promoção do desenvolvimento das frações estudadas. A seguir, a tabela 1 mostra as médias das diferentes frações da MOS analisadas neste trabalho e o aumento percentual na quantidade da fração específica, quando é tratada em sistema de manejo orgânico em comparação com o sistema de manejo convencional.

<b>Frações da MOS</b>	<b>Convencional (g kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>Orgânico (g kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>% de aumento orgânico</b>
<b>COP</b>	15,26	20,47	25%
<b>C-Lábil</b>	1,90	2,62	28%
<b>COS-Total</b>	19,10	24,87	23%
<b>COAM</b>	4,23	5,43	22%

**Tabela 1.** Média dos estoques de frações da matéria orgânica nos sistemas de manejo convencional e orgânico e a porcentagem de aumento do sistema orgânico em relação ao convencional.

A diferença nos valores entre os dois sistemas de manejo pode ser atribuída a diversos fatores. Dentre os manejos do solo que podem interferir na dinâmica do C orgânico em solos, os principais estão relacionados com a dinâmica MOS. A dinâmica da MOS determina o fluxo de matéria e energia no sistema solo, definindo entre a tendência a situações sustentáveis ou a processos de degradação. O entendimento dessa função reguladora da MOS é fundamental na busca de sistemas conservacionistas (ROSCOE, 2006). Segundo Bayer et al. (2003), o revolvimento do solo induz a entrada de ar no solo o que favorece para a oxidação da matéria orgânica do solo. Desse modo, o aumento gradual do teor de MOS, associado à menor intensidade de revolvimento, melhora substancialmente a estrutura do solo, o que favorece o desenvolvimento radicular das culturas e, assim, aumenta o tamanho do reservatório de água disponível no solo.

De acordo com Oliveira & Machado (2001), em qualquer sistema de cultivo, a interação dos processos do solo e práticas de manejo irão influenciar sua fertilidade. A transformação do carbono e de outros nutrientes envolvidos na ciclagem depende

dos microorganismos do solo para a decomposição de resíduos (vegetais ou adubos orgânicos) e para sintetizar e decompor a matéria orgânica do solo (MOS). O reconhecimento de que a MOS tem papel central na determinação da fertilidade do solo, tem levado parte dos cientistas do solo à necessidade de se manejar a matéria orgânica e principalmente aumentar o teor da MOS. Um aumento na quantidade de MOS levará a uma melhoria na fertilidade do solo.

Em suma, os resultados da análise comparativa entre os sistemas sugerem que o manejo orgânico pode ser uma alternativa mais eficiente para promover o desenvolvimento das frações estudadas, considerando-se os benefícios proporcionados pela presença de nutrientes, matéria orgânica, biodiversidade e atividade microbiana no solo, portanto, a estabilidade a longo prazo da qualidade física do solo está diretamente ligada à implementação de técnicas de manejo que aumentam a presença de resíduos vegetais e matéria orgânica do solo.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo apresentam, pela primeira vez, um amplo diagnóstico sobre o acúmulo de frações da matéria orgânica em solos sob produção de hortaliças em áreas representativas do Distrito Federal. O sistema orgânico de produção de hortaliças apresentou maiores teores de COT e C em frações lábeis e estáveis da MOS do que o sistema convencional de cultivo. Esses resultados indicam a importância de sistemas orgânicos no acúmulo de frações que podem, ao mesmo tempo, fornecer nutrientes em curto prazo e proteger a MOS por longos períodos no solo.

## 6. REFERÊNCIAS

ABREU JUNIOR, C. H.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; KIEHL, J. de C. **Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: propriedades químicas do solo e produção vegetal**. Tópicos em Ciência do Solo. Tradução. Viçosa: Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 2005. v. 4. p. 391-470.

ABREU JUNIOR, Cassio Hamilton; BOARETTO, Antonio Enedi; MURAOKA, Takashi; KIEHL, Jorge de Castro. **Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: propriedades químicas do solo e produção vegetal**. Tópicos em Ciência do Solo. Tradução. Viçosa: Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 2005. v. 4. p. 391-470.

ASSENÇÃO, D. O. M. de. **Qualidade de solos cultivados com hortaliças no Distrito Federal**. 2020.

BAYER, C. et al. Incremento de carbono e nitrogênio num latossolo pelo uso de plantas estivais para cobertura do solo. **Ciência Rural**, v. 33, n. 3, p. 469–475, 2003.

MOREIRA, Fátima Maria de Souza; SIQUEIRA, José Oswaldo. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2. ed. atual. e ampl. Lavras: Editora UFLA, 2006. p. 729: il.

BETTIOL, W. et al. **Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical**. Editores técnicos. – Brasília, DF: Embrapa, 2023. PDF (788 p.): il. color.

BLAIR, G.J.; LEFROY, R. D.; LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 46, n. 7, p. 1459-1466, 1995.

CAMBARDELLA, C. A. & ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, n. 3, p. 777-783, 1992.

COSTA, E.; SILVA, H.; RIBEIRO, P. R. **Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas**. Enciclopédia biosfera, v. 9, n. 17, 2013.

DA CUNHA, T. J.; MENDES, A. M. S.; GIONGO, V. **Matéria orgânica do solo**. Recurso solo: propriedades e usos. São Carlos: Cubo, 2015. cap. 9, p. 273-293.

DE SOUZA, G. P. **Frações lábeis e humificadas do carbono orgânico do solo sob sistemas de manejo com sucessão soja milho no cerrado**. [s.l: s.n.].

DISTRITO FEDERAL (DF). **Agricultura Familiar no Distrito Federal: Dimensões e Desafios**. Companhia de Planejamento do Distrito Federal–Codeplan. Brasília-DF, 2014.



FIGUEIREDO, C. C. **Soil organic matter pools under management systems and natural Cerrado vegetation**. 2009. 100 p. Thesis (Doctor in Agronomy: Soil and Water) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

FREIXO, A. A. et al. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 425-434, 2002.

Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE). **Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE)**. Brasil, 5 de julho de 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/fnde/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programas/pnae/historico>>.

FURLAN, F. et al. Substratos alternativos para produção de mudas de couve folha em sistema orgânico. **Cadernos de Agroecologia**, v. 2, n. 2, 2007.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Área da unidade territorial**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/df/panorama>>. 2022.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Ed.). **Handbuch der klimatologie**. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1936.

KURIHARA, C.; GOMES, G. C.; DE NORONHA, J. F. Análise da Rentabilidade Econômica da Produção de Hortaliças do Distrito Federal. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 28, issue 4 (2019), pp: 123-132. Publicado pela Editora Cubo.

MACHADO, P. L. O. de A.; GUIMARÃES, C. M.; SILVA, C. A.; FADIGAS, F. S. UFRRJ.

MARSCHNER, H. (Ed.). **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. Academic press, 2011.

MENDONÇA, E. de Sá; LEITE, Luiz Fernando Carvalho. Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares. **Modelagem Matemática e Simulação da Dinâmica da Matéria Orgânica do Solo**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 304 p.

MOREIRA, F. M. de S. & SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2. ed. atual. e ampl. Lavras: Editora UFLA, 2006. p. 729: il.

OLIVEIRA, M. & WEHRMANN, M. & SAUER, S. (2015). Agricultura Familiar no Distrito Federal: a busca por uma produção sustentável. **Sustentabilidade em Debate**. 6. 53. 10.18472/SustDeb.v. 6 n. 1. 2015.11422.

OLIVEIRA, M. N. da S.; DE FARIA WEHRMANN, M. ES; SAUER, S. **Agricultura Familiar no Distrito Federal: a busca por uma produção sustentável**. Sustainability in Debate, v. 6, n. 1, p. 53-69, 2015.

PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015.

PILLON, C. N.; MIELNICZUK, J.; NETO, L. M. **Dinâmica da matéria orgânica no ambiente**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2002. - (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 105).

RESENDE, F. V.; HENZ, G. P.; DE ALCANTARA, F. A. **Produção orgânica de hortaliças: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, Embrapa Hortaliças, 2007.

RESENDE, Francisco Vilela; HENZ, Gilmar Paulo; DE ALCANTARA, Flávia Aparecida. **Produção orgânica de hortaliças: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, Embrapa Hortaliças, 2007.

ROSCOE, R.; BODDEY, R. M.; SALTNET, J. C. Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares. **Sistemas de Manejo e Matéria Orgânica do Solo**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 304 p.

ROSCOE, R.; MACHADO, P. L. O. de A. **Fracionamento físico do solo em estudos de matéria orgânica**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 86p.

Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento e Desenvolvimento Rural (SEAGRI). **Ações e Programas voltados para a agricultura familiar**. Brasília, 13 de julho de 2020. Disponível em: <<https://www.agricultura.df.gov.br/agricultura-familiar/>>.

SEDIYAMA, M. A. N.; DOS SANTOS, I. C.; DE LIMA, P. C. **Cultivo de hortaliças no sistema orgânico**. Revista Ceres, v. 61, p. 829–837, nov. 2014.

SHANG, C.; TIESSEN, H. Organic matter lability in a tropical oxisol: evidence from shifting cultivation, chemical oxidation, particle size, density, and magnetic fractionations. **Soil Science**, v. 162, n. 11, p. 795-807, 1997.

SOARES, J. L. P. **Mapeamento da produção de hortaliças do Distrito Federal**. 2013. 57 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Gestão do Agronegócio). Universidade de Brasília, Planaltina-DF, 2013.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. John Wiley & Sons, 1994.

VEZZANI, F. M., & MIELNICZUK, J. (2009). **Soil organic matter dynamics in pasture ecosystems**. In **Carbon cycling in pasture ecosystems** (pp. 1-26). Springer.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil science**, v. 37, n. 1, p. 29-38, 1934.

ZANDONADI, D.; SANTOS; MIRELLA; MEDICI, LEONARDO & SILVA.; JUSCIMAR. (2014). Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. **Horticultura Brasileira**. 32, 14-20. 10.1590/S0102-05362014000100003.