



UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA - UNEB
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS HUMANAS – CAMPUS IX

**FRACIONAMENTO FÍSICO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM
ÁREAS SOB DIFERENTES USOS NO CERRADO**

DENISE LEÃO CASSIANO VIEIRA

BARREIRAS - BA

2018

DENISE LEÃO CASSIANO VIEIRA

**FRACIONAMENTO FÍSICO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM
ÁREAS SOB DIFERENTES USOS NO CERRADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade do Estado da Bahia (UNEB) - Campus IX, como requisito parcial para avaliação e aprovação na Conclusão do Curso de Engenharia Agrônômica.

Orientador: DSc. Adilson Alves Costa

BARREIRAS – BA

2018

FICHA CATALOGRÁFICA
Sistema de Bibliotecas da UNEB
Dados fornecidos pelo autor

V658f

Vieira, Denise Leão Cassiano

FRACIONAMENTO FÍSICO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO
EM ÁREAS SOB DIFERENTES USOS NO CERRADO / Denise Leão
Cassiano Vieira. -- Barreiras, 2018.

38 fls : il.

Orientador(a): Prof. DSc. Adilson Alves Costa.

Inclui Referências

TCC (Graduação - Engenharia Agrônômica) - Universidade do
Estado da Bahia. Departamento de Ciências Humanas. Câmpus IX.
2018.

1. Estoque de carbono. 2. carbono orgânico total. 3. índice de manejo
de carbono.

CDD: 378



UNIVERSIDADE DO ESTADO BA BAHIA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS HUMANAS - CAMPUS IX

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**FRACIONAMENTO FÍSICO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM
ÁREAS SOB DIFERENTES USOS NO CERRADO**

AUTORA: DENISE LEÃO CASSINO VIEIRA

ORIENTADOR: PROF. DSc. ADILSON ALVES COSTA

Banca Examinadora:

Prof. DSc. Adilson Alves Costa
Orientador/Presidente

Prof. MSc. Alberto do Nascimento Silva
Examinador Interno

DSc. Heliab Bomfim Nunes
Examinador Interno

Data de realização 13/12/2018

Aos meus pais, minhas irmãs e meu esposo, por ter me dado
todo o apoio necessário para que eu chegasse até aqui.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a **Deus**, por estar sempre guiando meus passos, dando proteção e forças para vencer os obstáculos da vida, sem Ele, eu nada seria.

Aos meus pais, Ademar Sousa Cassiano e Isabel de Oliveira Leão Cassiano, pela educação que me foi dada, pelo amor incondicional, pelo carinho, pelos conselhos e ensinamentos, pela compreensão, pelos inúmeros momentos felizes, que me fizeram ser uma pessoa honesta e capaz de realizar todos os meus sonhos. Agradeço por sonhar junto comigo e possibilitar que esse e tantos outros sonhos se tornassem realidade.

As minhas irmãs Dulciane e Eloísa por estarem sempre ao meu lado, apoiando e pelo amor e carinho a mim dedicado. Por todos os momentos vividos até hoje e pelo companheirismo durante essa caminhada.

Ao meu esposo Célio, que me possibilitou sonhar e tornar esse sonho realidade, sem ele nada disso seria possível, pessoa a quem dedico todas as minhas realizações. Agradeço pela compreensão, carinho, dedicação, motivação, companheirismo e pela paciência em entender a importância do meu esforço em busca deste sonho, mesmo quando minha ausência era necessária.

A toda minha família por sempre acreditar em mim.

Ao meu professor orientador Adilson Alves Costa, pela paciência, coerência, clareza e dedicação em seus ensinamentos sempre disposto a atender minhas necessidades e dúvidas. De fato, neste período pude entender o significado da palavra professor, pessoa que sem dúvida exerce sua profissão com todo amor e dedicação. Agradeço por aceitar ser meu orientador e possibilitar que esse sonho se realizasse.

A todos os professores que contribuíram para a minha formação.

Aos meus colegas de classe, que levarei para sempre comigo, foram muitos momentos vividos juntos, angústias, conhecimentos, medos e alegrias. Não citarei nomes para não correr o risco de esquecer de alguém.

Aos meus amigos, em especial Tamire, amizade construída dentro da universidade, agradeço pela compreensão, dedicação, carinho e apoio em todos os momentos.

Agradeço a todos do Laboratório de Química e Física do Solo, de modo especial a Aline, Ângela e Thaimara que contribuíram de forma tão significativa na realização deste trabalho.

A UNEB pela oportunidade de crescimento profissional e ao mesmo tempo individual. Ao Colegiado de Agronomia por todo apoio e dedicação,

Enfim, gostaria de deixar os meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que contribuíram coma etapa da minha vida tão importante.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar as modificações de carbono no fracionamento físico da matéria orgânica do solo e índice de manejo de carbono (IMC) em áreas sob diferentes usos do solo no Cerrado. Foram avaliadas três áreas: Área sob vegetação de cerrado, plantio convencional e plantio na palha. Amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-15, 15-30, 30-45 cm para a determinação do fracionamento físico da matéria orgânica e índice de manejo de carbono (IMC). O estoque de carbono não diferiu na profundidade de 0-15, nas diferentes formas de uso. E nas profundidades de 15-30 cm e 30-45 cm, a área sob plantio na palha e sob vegetação de Cerrado foram iguais. O estoque de carbono orgânico ligado a matéria orgânica particulada (COp), foi maior no plantio na palha e o estoque de carbono associados à fração mineral do solo (COam), foi menor na área sob plantio na palha. A área sob plantio na palha apresentou o melhor IMC na camada superficial e isso pode ser ocasionado devido ao pouco tempo de uso do sistema.

Palavras-chave: Estoque de carbono; carbono orgânico total, índice de manejo de carbono.

ABSTRACT

The present study had as objective to evaluate the carbon modifications in the physical fractionation of soil organic matter and carbon management index (BMI) in areas under different soil uses in the Cerrado. Three areas were evaluated: area under cerrado vegetation, conventional planting and straw planting. Soil samples were collected at depths of 0-15, 15-30, 30-45 cm for the determination of physical fractionation of organic matter and carbon management index (BMI). The carbon stock did not differ in the depth of 0-15, in the different forms of use. And in the depths of 15-30 cm and 30-45 cm, the area under planting in the straw and under Cerrado vegetation were the same. The organic carbon stock of particulate organic matter (C_{Op}) was higher in the straw plantation and the carbon stock associated to the soil mineral fraction (C_{Oam}) was lower in the area under planting in the straw. The area under planting in the straw presented the best BMI in the superficial layer and this can be occasioned due to the short time of use of the system.

Keywords: Carbon stock; total organic carbon, carbon management index.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fazenda localizada no município de Formosa do Rio Preto sob diferentes sistemas de cultivo: (A) cerrado; (B) plantio convencional; (C) plantio na palha.....	21
Figura 2. Amostras de solo separadas e identificadas para o fracionamento físico (A) e determinação de teores de carbono orgânico total (B).....	22
Figura 3. Amostras de solo com dicromato de potássio levado a estufa.....	23
Figura 4. Peneira de 80 mesh.....	25
Figura 5. Hexametáfosfato de Sódio.....	25
Figura 6. Amostra com Hexametáfosfato de sódio.....	26
Figura 7. Amostra prontas para o peneiramento.....	26
Figura 8. Amostra no dispersor de solo, na peneira e no béquer.....	26
Figura 9. Amostras prontas para serem levadas a estufa.....	26
Figura 10. Pesagem da amostra.....	26
Figura 11. Erlenmayer com amostra de solo.....	26
Figura 12. Amostras de solo com dicromato de potássio levadas a estufa.....	26
Figura 13. Amostras de solo após titulação.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição das áreas de manejo de estudo.....	21
Tabela 2. Valores médios referentes a granulometria, densidade do solo (Ds) e classificação textural do solo sob diferentes sistemas de manejo nas profundidades de 0-15 cm, 15-30 cm e 30-45 cm na região do Cerrado.....	23
Tabela 3. Valores médios de carbono orgânico total (COT) e estoque de carbono (EstCOT) em áreas sob diferentes sistemas de manejo do solo nas profundidades de 0-15, 15-30 e 30-45 cm no Cerrado da Bahia.....	28
Tabela 4. Valores médios de carbono orgânico ligado a matéria orgânica particulada (CO _p) e associados à fração mineral do solo (CO _{am}) em áreas sob diferentes sistemas de manejo do solo nas profundidades de 0-15, 15-30 e 30-45 cm no Cerrado da Bahia.....	29
Tabela 5. Valores médios de estoque de carbono orgânico ligado a matéria orgânica particulada (EstTCO _p) e associados aos minerais do solo (EstCO _{am}) em áreas sob diferentes sistemas de manejo do solo nas profundidades de 0-15, 15-30 e 30-45 cm no Cerrado da Bahia.....	30
Tabela 6. Valores médios da relação entre o carbono orgânico ligado a matéria orgânica particulada (CO _p) e associados aos minerais do solo (CO _{am}) com o carbono orgânico total (COT) em áreas sob diferentes sistemas de manejo do solo nas profundidades de 0-15, 15-30 e 30-45 cm no Cerrado da Bahia.....	31
Tabela 7. Índice de estoque de carbono (IEC), labilidade do carbono (LC) e índice de manejo do carbono (IMC) em áreas sob diferentes sistemas de manejo do solo nas profundidades de 0-15, 15-30 e 30-45 cm no Cerrado da Bahia.....	32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 SOLOS DO CERRADO	13
2.2 MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO	13
2.3 CARBONO ORGÂNICO DO SOLO - COS	15
2.4 ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO EM ÁREAS SOB SISTEMA DE PLANTIO DIRETO	16
2.5 FRACIONAMENTO FÍSICO DO SOLO	17
2.6 ÍNDICE DE MANEJO DE CARBONO NOS SISTEMAS DE MANEJO.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	20
3.2 SELEÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO.....	20
3.3 COLETA DE SOLOS.....	22
3.4 PREPARO DAS AMOSTRAS.....	22
3.5 ANÁLISES FÍSICAS	22
3.6 DETERMINAÇÃO DOS TEORES E ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT).....	23
3.7 DETERMINAÇÃO DOS ESTOQUES DE COT	24
3.8 DETERMINAÇÃO DO FRACIONAMENTO FÍSICO DO CARBONO.....	25
3.9 ÍNDICE DE MANEJO DO CARBONO (IMC)	27
3.10 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5. CONCLUSÃO	33
6. REFERÊNCIAS	34

1. INTRODUÇÃO

A utilização de práticas conservacionistas de manejo do solo tem recebido grande ênfase atualmente, basicamente no que se refere à manutenção e à melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos cultivados e suas implicações no rendimento das culturas.

Nas últimas décadas a agricultura tem passado por desenvolvimento, principalmente no que diz respeito ao aumento da produtividade agrícola. O revolvimento contínuo e intenso do solo, com a adoção de sistemas agrícolas baseados em monocultura ou em sucessões contínuas de culturas, tem resultado na diminuição da qualidade física, química e biológica dos solos (COSTA et al., 2003).

Estudos evidenciam a modificação nos estoques de carbono no solo, por consequência da alteração da matéria orgânica, que é incrementada ou perdida nos processos produtivos da conversão da vegetação nativa em sistema agrícola. Quando o processo de adição da matéria orgânica no solo é inferior ao de decomposição, este sistema não atinge um novo equilíbrio, tornando-se exaurido e provocando a degradação do solo (BARRETO et al., 2006). De acordo com Rangel e Silva (2007), na mudança de uma vegetação nativa por sistemas agrícolas, os estoques de carbono orgânico (CO) podem ser drasticamente reduzidos, com perdas da ordem de 50 % nos primeiros 20 cm de profundidade do solo e de até 20 % na profundidade de um metro. No entanto, o manejo correto do solo é de fundamental importância, pois visará à reposição da matéria orgânica quando encontra-se em níveis baixos, ou manter-se-á quando em níveis satisfatório, de forma a garantir altas produtividades, e a qualidade do meio ambiente.

Atualmente, são discutidas alternativas de como reverter este quadro de degradação ambiental, particularmente no que se refere à diminuição da concentração do CO₂ atmosférico. A quantificação do potencial que a agricultura tem para seqüestrar carbono no solo ainda é um desafio para os pesquisadores. Acredita-se que uma das grandes oportunidades esteja na recuperação dos teores de matéria orgânica de solos anteriormente cultivados sob preparo convencional (LAL et al., 1995; REICOSKY & FORCELLA, 1998).

O objetivo do trabalho foi avaliar as modificações de carbono no fracionamento físico da matéria orgânica do solo e índice de manejo de carbono (IMC) em áreas sob diferentes usos do solo no Cerrado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SOLOS DO CERRADO

No cerrado brasileiro, 46% da área é coberta por Latossolos. Estes solos apresentam coloração variando do vermelho para o amarelo, são profundos, bem drenados na maior parte do ano, apresentam acidez, toxidez de alumínio e são pobres em nutrientes (cálcio, magnésio, potássio e alguns micronutrientes) para a maioria das plantas cultivadas. Ocorrem também solos pedregosos e rasos (Neossolos Litólicos), geralmente em encostas, os arenosos (Neossolos Quartzarênicos), os orgânicos (Organossolos) e outros de menor expressão (EMBRAPA, 2009).

Essa extensa área de Latossolos está relacionada à presença de relevo em geral bastante plano ou suavemente ondulado, predominando na paisagem as chapadas e encostas de declividade suave, estendendo-se por imensos planaltos ou chapadões. Os cerrados ocupam predominantemente maciços planaltos de estrutura complexa, dotados de superfícies aplainadas de cimeira, e em conjunto significativo de planaltos sedimentares compartimentados, situados em níveis que variam entre 300 e 1700m de altitude (AB'SABER, 2003).

2.2 MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

O carbono nada mais é que parte da matéria orgânica decomposta. Dois fatores afetam o estoque de carbono orgânico no solo: a taxa de perdas por erosão e oxidação microbiana e a taxa de adição que depende do manejo e condições edafoclimáticas. Ao se tratar de solos de vegetação natural, o estoque de carbono orgânico é determinado pelas condições climáticas, pois afetam naturalmente as perdas (BALESDENT et al., 2000). Entretanto, a contribuição do aumento de CO₂ na atmosfera tem intensificado o chamado efeito estufa.

A conversão de ecossistemas naturais em sistemas agrícolas envolve uma série de atividades que afetam as taxas de adição e decomposição da matéria orgânica do solo (MOS) (ZINN et al., 2005). Em sistemas naturais, os fatores de formação do solo são os

determinantes primários dos processos de ciclagem de C, uma vez que exercem influência sobre o aporte de resíduos e sobre as saídas de C do solo (STEVENSON, 1994). Em sistemas agrícolas, o uso e o manejo do solo atuam modificando tanto a entrada como a saída de C do solo para a atmosfera, em função da produção diferenciada de resíduos, do número de cultivos, das espécies vegetais, da adubação, dos procedimentos de colheita, dos métodos adotados de preparo do solo e do manejo dos restos culturais (LAL & BRUCE, 1999).

Em ecossistemas naturais, quando a vegetação nativa é substituída por sistemas agrícolas, os estoques de carbono orgânico (CO) podem ser drasticamente reduzidos, com perdas da ordem de 50 % nos primeiros 20 cm de profundidade do solo e de até 20 % na profundidade de um metro (ESTADOS UNIDOS, 1999). Em regiões tropicais, as condições de temperaturas elevadas, os altos índices pluviométricos e, em consequência, a intensa atividade microbiana propiciam a rápida decomposição dos materiais orgânicos depositados no solo (SILVA & MACHADO, 2000; MIELNICZUK et al., 2003). Segundo Zinn et al. (2005), as maiores taxas de decomposição da MOS observadas em áreas sob cultivo ocorrem devido às perturbações físicas do solo, que implicam rompimento dos macroagregados (reduz a proteção física da MOS), expondo a MO protegida aos processos microbianos, contribuindo, dessa forma, para aumentar as taxas de emissão de CO₂ para a atmosfera. Essas perdas de MO em áreas cultivadas adquirem importância, em razão de dois aspectos principais: (a) anualmente, cerca de 1,2 Pg C (Pg, Petagrama = 10¹⁵ gramas) são lançados na atmosfera devido a alterações nos sistemas de uso e manejo dos solos agrícolas (SAUERBECK, 2001); e (b) o solo é um dos compartimentos que mais armazenam C na Terra, de modo que, em termos globais, o primeiro metro superior do solo armazena 2,5 vezes mais C que a vegetação terrestre e duas vezes mais C que o presente na atmosfera (LAL, 2002).

Essas alterações se devem ao fato do CO₂ ser um dos principais gases causadores do efeito estufa e cujas emissões no mundo cresceram vertiginosamente nos últimos 40 anos (ROCHA, 2000); entretanto, somente a informação de acúmulo de carbono não é suficiente para caracterizar uma situação de seqüestro de carbono. A estabilidade deste carbono no solo é um dado extremamente relevante haja vista que, caso o carbono esteja em estruturas lábeis, facilmente será mineralizado retornando para a atmosfera na forma de CO₂.

Sistemas conservacionistas de manejo apresentam um expressivo efeito na melhoria da qualidade de solos tropicais e subtropicais. O plantio direto aumenta os

estoques de matéria orgânica e a estabilidade de agregados, sendo a magnitude deste efeito dependente do tipo de solo e condições climáticas (BALESDENT et al., 2000). Frações lábeis da matéria orgânica normalmente têm influência maior sobre a agregação do solo, devido tratar-se de uma fonte mais facilmente assimilável de C e de energia pelos microrganismos heterotróficos (CHAN, 1997), cujos compostos do metabolismo microbiano atuam na estabilização de macroagregados de solo.

2.3 CARBONO ORGÂNICO DO SOLO - COS

O conceito de qualidade do solo foi definido por Doran e Parkin (1994) como a capacidade de um solo funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar a produtividade de plantas e de animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água e promover a saúde das plantas, dos animais e do homem. Neste sentido, Doran e Zeiss (2000) identificaram a qualidade do solo como a base para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável e para a qualidade do ambiente.

Segundo Carvalho et al. (2010), a manutenção de resíduos vegetais na superfície, somada à ausência de revolvimento do solo, além de reduzir a emissão de CO₂, aumenta o estoque de carbono orgânico total e nitrogênio total no solo, trazendo ainda benefícios, como: aumento da diversidade microbiana, melhoria da fertilidade e dos atributos físicos do solo (FOLEY et al., 2005; SIX et al., 2002).

A utilização do C orgânico do solo como indicador de qualidade do solo foi proposta inicialmente por LARSON & PIERCE (1994). Os autores argumentam que a sensibilidade do C orgânico do solo às práticas de manejo, a acessibilidade à metodologia de avaliação e a interação existente entre os subsistemas do solo, evidenciados pela influência do C orgânico na agregação e estrutura do solo (CONCEIÇÃO et al., 2014), na disponibilidade de nutrientes às culturas (BAYER & MIELNICZUK, 1997) e na atividade biológica de microrganismos do solo (CATTELAN & VIDOR, 1990), sustentam-se como um excelente indicador de qualidade do solo.

O estoque de C armazenado na forma de matéria orgânica do solo também pode desempenhar um papel relevante no sequestro de C atmosférico e, conseqüentemente, contribuir para a mitigação do efeito estufa. Sistemas conservacionistas que aumentam o aporte de resíduos vegetais ao solo e que diminuem a mineralização da MOS são eficientes no sequestro de C (AMADO et al., 2001; LOVATO et al., 2004). Na literatura são citadas diversas práticas de manejo que podem aumentar o estoque de C orgânico do

solo, tais como: menor revolvimento do solo, rotação de culturas, fertilização química, irrigação, reflorestamento entre outras (LAL et al., 1999; FOLLET, 2001).

A MOS é composta principalmente de carbono (C), oxigênio (O) e menos de 10% de hidrogênio (BRADY; WEIL, 2008). Assim, a entrada do COS está relacionada com a entrada do material orgânico (BALBINOT, 2003).

O estoque de C no solo compreende frações intimamente associadas aos minerais, até frações mais lábeis, pouco ou não associadas à fração mineral, como os resíduos vegetais existentes entre e dentro de agregados do solo (ROSCOE; MACHADO, 2002).

Os níveis de C no solo são controlados por uma série de fatores, como clima, textura e estrutura do solo. Obviamente, as formas de uso e manejos dos solos também são relevantes, especialmente quando há a conversão de ecossistemas nativos em áreas agrícolas (SCHLESINGER, 2000). Pois, a quantidade de carbono orgânico no solo é alterada ao longo do tempo pelos métodos de preparo do solo que interferem tanto na quantidade de COT como na sua distribuição no perfil do solo (GERALDES et al., 1995).

A decomposição do COS também é influenciada pelo clima, temperaturas mais elevadas, altos índices pluviométricos e maior atividade microbiana causam rápida decomposição dos materiais orgânicos incorporados e presentes no solo (SILVA et al., 1994).

2.4 ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO EM ÁREAS SOB SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

A manutenção dos resíduos vegetais sobre a superfície do solo e a redução em seu revolvimento são apontados como meios para aumentar o armazenamento de carbono no solo. Sistemas de preparo convencional com revolvimento do solo por gradagem apresentam decréscimo expressivo nos estoques de matéria orgânica do solo (MOS), em comparação ao plantio direto (PD) (LEITE et al., 2010; TEIXEIRA et al., 2010).

Amado et al. (2001) mostram em seus experimentos que a aração e a gradagem do solo diminuíram os estoques de C e que apenas a partir do quarto ano de adoção do plantio direto (SPD), houve recuperação deste C perdido nos sistemas de cultivo. Além disso, o plantio direto associado ao uso de culturas de cobertura demonstrou potencial para recuperar o teor de matéria orgânica e, conseqüentemente, sequestrar carbono no solo. Corazza et al. (1999) também verificaram resultados semelhantes, indicando que o

sistema de plantio direto apresentou a maior taxa de adição de C no solo comparado ao sistema manejado com gradagem pesada.

Siqueira Neto et al. (2009), avaliando o sequestro de C num solo em SPD, verificaram que os estoques de C no solo aumentaram com o tempo de implantação do SPD e que o aporte de resíduos culturais e a rotação de culturas com uso de leguminosas reduziram a mineralização da matéria orgânica, favorecendo o acúmulo de C no solo.

Segnini et al. (2007) apresentaram resultados que evidenciaram que sistemas de pastagens bem manejadas de Brachiaria, com o não revolvimento do solo ou queimadas, poderiam proporcionar o sequestro de carbono da atmosfera via sistema radicular das plantas, ou mesmo outros restos vegetais depositados na superfície do solo.

2.5 FRACIONAMENTO FÍSICO DO SOLO

As formas de uso e manejo do solo são responsáveis pela entrada de carbono no sistema, bem como pela sua saída do solo para atmosfera. Nos sistemas agrícolas, essa entrada/saída de carbono é muito influenciada pelo preparo do solo, espécies utilizadas, rotações de culturas, adubação e, principalmente, pelo manejo dos resíduos das culturas (COSER et al., 2016; CAMPOS et al., 2011).

De acordo com Dick et al. (2009), o principal processo de adição de material orgânico ao solo tem a planta como componente ativo, conseqüentemente, o estoque de matéria orgânica do solo é resultado dos processos de adição e perda de material orgânico, onde as plantas e os microrganismos desempenham papel fundamental nessa dinâmica. O carbono pode acumular em frações lábeis ou estáveis da matéria orgânica no solo (MOS), o que pode ter implicações na duração do seu efeito sobre as propriedades do solo (REIS et al., 2016; AMORIM, 2016).

Por conta desta importância, diferentes frações da matéria orgânica do solo, como o carbono orgânico particulado (COP) e o carbono associado aos minerais (CAM), vêm sendo utilizados como indicadores de qualidade do solo, por serem mais sensíveis às alterações de manejo do solo do que o carbono orgânico total (COT), conforme observado em Faccin et al. (2017), Kunde et al. (2016), Leal et al. (2016), Salton et al. (2012) e Loss et al. (2011).

O COP contribui com cerca de 3 a 20% do COT do solo e é composto, principalmente, por restos vegetais em vários estágios de alteração, apresentando partículas maiores que 0,053mm (CONCEIÇÃO, 2006). Esta fração pode apresentar-se em elevadas quantidades na camada mais superficial de solos sob plantio direto, por conta do maior aporte de resíduos em sua superfície. Por outro lado, o COP pode apresentar-se em maiores quantidades nas camadas inferiores a 0,05m em solos sob plantio convencional, devido à incorporação dos resíduos em profundidade, conforme observado por Amorim (2016).

O CAM, responsável pelas associações com os argilominerais do solo, é o material orgânico em estágio mais avançado de decomposição, apresentando partículas <0,053mm (CONCEIÇÃO, 2006) e em geral está fração mostra-se menos sensível ao manejo do solo, principalmente no curto prazo, conforme observado por Kunde et al. (2016) e Ensinas et al. (2016).

2.6 ÍNDICE DE MANEJO DE CARBONO NOS SISTEMAS DE MANEJO

Ao considerar a fração lábil (COP) e não lábil (CAM) da matéria orgânica do solo, muitos autores tem adotado o índice de manejo de carbono (IMC) para comparar sistemas de manejo quanto à capacidade de melhorar a qualidade do solo, enfatizando que, quanto maior o valor de IMC, maior é a qualidade do manejo (LEAL et al., 2016; SOUZA et al., 2016; REIS et al., 2016). De acordo com Conceição et al. (2014) o IMC visa avaliar de forma conjunta o efeito dos sistemas de manejos na quantidade e na qualidade (labilidade) da matéria orgânica do solo.

Uma forma de avaliar ou determinar a relação existente entre as práticas de manejo e a qualidade do solo é através do monitoramento de seus atributos (LAL, 2015), principalmente àqueles ligados à sua condição física, pois são os que apresentam maior vulnerabilidade às mudanças no sistema de manejo (CUNHA et al., 2012).

Este índice é uma medida relativa das alterações provocadas pelo manejo, quando comparadas a uma situação considerada original. O IMC leva em consideração a labilidade da matéria orgânica do solo (MOS) e busca unir as características quantitativas e qualitativas da MOS, como forma de avaliar o desempenho de um determinado sistema de manejo (ROSSI et al., 2012). Sabe-se que o IMC mede as alterações nos estoques de

carbono orgânico total (COT) considerando os aspectos da labilidade do COT do solo (NICOLOSO, 2005).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi conduzido no município de Formosa do Rio Preto, localizado no oeste da Bahia, entre as coordenadas 11° 02' 54" de latitude e 45° 11' 35" de longitude com altitude de 490 m, a coleta do solo foi realizada entre os meses de março a junho de 2018.

O clima, segundo a classificação de Koppen, é do tipo AW, quente e seco com chuvas de inverno, tendo uma média de temperatura que varia em torno de 34° C e 18° C (INMET, 2010). A precipitação anual é superior a 1.000 mm e a evapotranspiração anual se situa entre 1.400 mm e 1.600 mm. O período chuvoso ocorre entre outubro e março e período seco entre abril e setembro (CASTRO et al., 2010).

A pesquisa foi conduzida em áreas comerciais cujos solos são classificados como LATOSSOLOS AMARELO, solos profundos, bastante intemperizados, pobres em saturação por bases e matéria orgânica (EMBRAPA, 2017).

3.2 SELEÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Os locais selecionados para as avaliações foram de áreas sob diferentes formas de uso do solo como: Área de Cerrado Nativo (Figura A), Área com Plantio Convencional (Figura B) e Área de Plantio na Palha (Figura C). Para o histórico foram obtidas informações como: forma de sistema adotado na área; correções e adubações realizadas; principais culturas, principais tratamentos culturais, produtividade esperada, tipo de vegetação e uso atual do solo.

Tabela 1. Descrição das áreas de manejo de estudo.

Uso do Solo	Símbolo	Descrição
Área de Cerrado Nativo	ACN	Apresenta com vegetação densa e presença de tabocas (vegetação típica da região), grande aporte de material orgânico e boas características de preservação. Sistema radicular bastante ramificado e profundo.
Área de Plantio Convencional	APC	Histórico de soja, milho e algodão (abertura em 2004). Recebeu subsolagem nas linhas de cultivo. Grande parte da área apresentado com rastros de trator.
Área de Plantio na Palha	APP	Mobilizado há pelo menos 2 a 3 anos. Milho e soja, com cobertura de milheto. No momento da realização da coleta do solo havia bastante palhada, o milho havia sido colhido recentemente.



(A)



(B)



(C)

Figura 1. Fazenda localizada no município de Formosa do Rio Preto sob diferentes sistemas de cultivo: (A) cerrado; (B) plantio convencional; (C) plantio na palha.

3.3 COLETA DE SOLOS

Em cada área de estudo foram abertos cinco mini perfis de forma aleatória com dimensões de 1 x 1 m com 0,45 m de profundidade. Após a abertura dos mini perfis foram coletadas amostras deformadas com auxílio de trado inox tipo caneco nas seguintes profundidades: 0-15 cm; 15-30 cm e; 30-45 cm. Nas mesmas profundidades foram coletadas amostras indeformadas com auxílio de anéis volumétricos acoplados em um trado para determinação da densidade do solo.

As amostras foram armazenadas e identificadas para determinação das análises físicas e químicas do solo.



Figura 2. Amostras de solo separadas e identificadas para o fracionamento físico (A) e determinação de teores de carbono orgânico total (B).

3.4 PREPARO DAS AMOSTRAS

As amostras devidamente identificadas foram transportadas do campo ao Laboratório de Química e Física do Solo pertencente ao Departamento de Ciências Humanas da Universidade do Estado da Bahia, UNEB. As amostras deformadas foram secas ao ar (45° C), destorroadas e passadas em peneiras de malha 2,0 mm para obtenção da fração terra fina seca ao ar (TFSA) e, conseqüentemente, o encaminhamento para fins das análises químicas. As amostras indeformadas foram conduzidas ao laboratório para determinação das análises físicas do solo.

3.5 ANÁLISES FÍSICAS

As amostras deformadas foram destorroadas, homogeneizadas, secas ao ar e peneiradas a 2,0 mm de malha para obtenção de Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) para

realização das análises físicas. A determinação da granulometria (Tabela 2) e densidade do solo (Ds), conforme metodologia da EMBRAPA (2017).

Tabela 2. Valores médios referentes a granulometria, densidade do solo (Ds) e classificação textural do solo sob diferentes sistemas de manejo nas profundidades de 0-15 cm, 15-30 cm e 30-45 cm na região do Cerrado.

Sistemas de Manejo	Prof	Granulometria			Ds	Classe Textural
		Areia	Silte	Argila		
	--cm--	-----g kg ⁻¹ -----			--g dm ⁻³ --	
ACN	0-15	59,32	10,90	29,79	1,11	Franco argilo arenoso
	15-30	57,05	10,60	32,36	1,18	Franco argilo arenoso
	30-40	55,96	6,55	37,49	1,25	Franco argilo arenoso
APC	0-15	57,33	6,59	36,08	1,43	Franco argilo arenoso
	15-30	54,96	9,90	35,14	1,44	Franco argilo arenoso
	30-40	53,75	4,45	41,81	1,41	Argila arenosa
APP	0-15	62,46	7,87	29,67	1,53	Franco argilo arenoso
	15-30	64,01	13,03	22,96	1,51	Franco argilo arenoso
	30-40	60,99	11,84	27,17	1,44	Franco argilo arenoso

ACN = área sob vegetação de Cerrado; APC = área sob plantio convencional; APP = área sob plantio na palha. Ds = densidade do solo.

3.6 DETERMINAÇÃO DOS TEORES E ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT)

Os teores de COT foram quantificados pela oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, seguindo método da Embrapa (1997).



Figura 3. Amostras de solo com dicromato de potássio levado a estufa.

3.7 DETERMINAÇÃO DOS ESTOQUES DE COT

Os estoques de COT foram obtidos pela correção da massa do solo utilizando-se a camada e a massa equivalente do solo através da massa do solo de referência (ELLERT et al., 2005).

Para o cálculo da massa equivalente, foi considerado a massa relativa do solo diferentes formas de uso pela seguinte expressão:

$$M_{\text{solo}} = d_s \times E \times A$$

Sendo:

M_{solo} = massa do solo, expresso em Mg ha^{-1} ;

d_s = densidade do solo, expresso em Mg m^{-3} ;

E = espessura, expresso em m;

A = área, 10.000 m^2 .

Após a definição da massa do solo, foi considerada a área de cerrado nativo (ACN) como área de referência. Em seguida foi calculado as camadas de solo a serem adicionadas ou subtraídas com o objetivo de igualar as massas de solo dos tratamentos. Para o cálculo das camadas a serem adicionadas ou subtraídas, utilizou-se a seguinte expressão:

$$E_{\text{ad/sub}} = (M_{\text{ref}} - M_{\text{area}}) \times f_{\text{ha}}/d_s$$

Sendo:

$E_{\text{ad/sub}}$ = espessura do solo da camada a ser adicionada (+) ou subtraída (-), expresso em m;

M_{ref} = massa equivalente do solo da área de referência, ACN, expresso em Mg ha^{-1} ;

M_{area} = massa equivalente do solo da área, expresso em Mg ha^{-1} ;

f_{ha} = fator de conversão de ha para m^2 ($0,0001 \text{ ha m}^{-2}$);

d_s = densidade do solo, expresso em Mg m^{-3} .

Os estoques de COT em massa equivalente foi obtidos pela seguinte expressão:

$$\text{Est} = cc \times d_s \times (E \pm E_{\text{ad/sub}}) \times A \times F_{\text{kg}}$$

Sendo:

Est = estoque de C ou N por unidade de área em camada equivalente, expresso em Mg ha^{-1} ;

cc = concentração de COT ou NT, expresso em g kg^{-1} ;

d_s = densidade do solo, expresso em Mg m^{-3} ;

E = espessura do solo da camada estudada, expresso em m;

Ead/sub = espessura do solo da camada a ser adicionada (+) ou subtraída (-), expresso em m;

A = área, considerando 1 ha, ou seja, 10.000 m²;

Fkg = fator de conversão de kg para Mg (0,001 Mg ha⁻¹).

3.8 DETERMINAÇÃO DO FRACIONAMENTO FÍSICO DO CARBONO

O fracionamento físico granulométrico foi determinado segundo metodologia de Cambardella e Elliot (1992). Foi pesado 20 g de TFSA (Figura 4), sendo adicionado 60 mL de solução de hexametáfosfato de sódio (5 g L⁻¹) (Figura 5). As amostras foram homogeneizadas por 16 horas em agitador horizontal (Figura 6 e 7) e após essa etapa, foi realizada o peneiramento das amostras utilizando peneira com malha de 53 µm (Figura 8).

O material retido na peneira consiste no carbono orgânico particulado (COp), associado a fração areia e o que passar na peneira foi denominado de carbono orgânico associado ao silte + argila (COam). Todo o material que ficou retido na peneira foi transferido para placa de petri e seco em estufa (50° C) por 24 horas (Figura 9). Após essa etapa, o material foi moído em gral de porcelana e analisado o teor de carbono orgânico segundo metodologia da Embrapa (2017). O teor de CO na COam foi obtido por diferença entre o CO do solo e aquele do COp (Figuras 10, 11, 12 e 13).

$$\text{COam} = \text{COT} - \text{COp}$$

Sendo:

COam = Carbono Orgânico associado aos minerais: silte e argila (g.Kg⁻¹);

COT = Carbono Orgânico Total (g.Kg⁻¹);

COp = Carbono Orgânico particulado (g.Kg⁻¹).



Figura 4. Peneira de 80 mesh.

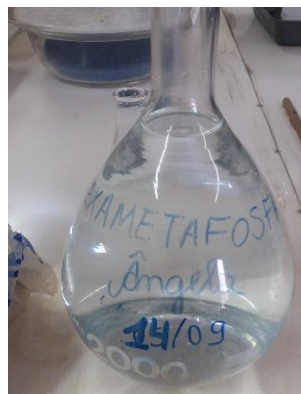


Figura 5. Hexametáfosfato de Sódio.



Figura 6. Amostra com Hexametáfosfato de sódio.



Figura 7. Amostra pronta para o peneiramento.



Figura 8. Amostra no dispersor de solo, na peneira e no béquer.



Figura 9. Amostras prontas para serem levadas a estufa



Figura 10. Pesagem da amostra.



Figura 11. Erlenmayer com amostra de solo.

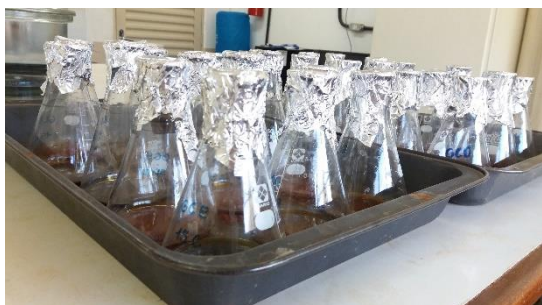


Figura 12. Amostras de solo com dicromato de potássio levadas a estufa.



Figura 13. Amostras de solo após titulação.

3.9 ÍNDICE DE MANEJO DO CARBONO (IMC)

Para a estimativa do índice de manejo do carbono (IMC), foi utilizado a seguinte fórmula:

$$\text{IMC} = \text{IEC} \times \text{IL} \times 100$$

Sendo IEC, o índice de estoque de carbono, calculado através da relação entre os estoques de carbono da área com diferentes formas de uso do solo em relação à área de referência ($\text{IEC} = \text{C}_{\text{trat}}/\text{C}_{\text{ref}}$), considerando, neste caso, a área de cerrado nativo (ACN), e IL, índice de labilidade da matéria orgânica, sendo esta determinada pela labilidade das áreas com diferentes formas de uso e labilidade da área de referência ($\text{IL} = \text{L}_{\text{trat}}/\text{L}_{\text{ref}}$).

A labilidade (L) será determinada pela fórmula:

$$\text{L} = \text{EsCOp}/\text{Est COam}$$

Sendo EsCOp, os estoques de matéria orgânica particulada e Est COam os estoques de matéria orgânica associada à silte + argila (BLAIR et al., 1995).

3.10 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, em um esquema fatorial 3x3 (sendo três formas de uso do solo e 3 profundidades), considerando cada mini perfil uma pseudo repetição, totalizando cinco pseudo repetições. Os resultados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação ao carbono orgânico total, houve diferença nas profundidades de 15-30 cm e 30-45 cm nos sistemas de manejo área sob plantio convencional e área de plantio na palha. (Tabela 3)

A área sob vegetação de cerrado não apresentou diferença significativa entre as profundidades 0-15 cm e 15-30 cm e de 15-30 cm e 30-45 cm, porém a profundidade de 0-15 cm foi diferente da área de 30-45 cm, fatores como maior concentração de raízes, resíduos vegetais e matéria orgânica leve podem justificar esse aumento da quantidade de carbono orgânico nessa área superficial. A área sob plantio convencional não apresentou diferença significativa entre as profundidades para os teores de carbono no solo. Na área sob plantio na palha a camada de 0-15 cm difere das demais profundidades apresentando uma maior concentração de carbono, correspondendo a 86,34%, podendo ser explicado pelo maior acúmulo de palhada superficial.

Tabela 3. Valores médios de carbono orgânico total (COT) e estoque de carbono (EstCOT) em áreas sob diferentes sistemas de manejo do solo nas profundidades de 0-15, 15-30 e 30-45 cm no Cerrado da Bahia.

Sistema de manejo	Profundidades (cm)			DMS
	0-15	15-30	30-45	
	-----COT (g kg ⁻¹)-----			
ACN	20,28 aA	17,00 aAB	14,73 aB	2,99
APC	18,54 aA	16,43 aA	13,84 aA	4,87
APP	17,51 aA	10,11 bB	9,02 bB	2,27
DMS	4,71	3,49	2,86	
	-----EstCOT (Mg ha ⁻¹)-----			
ACN	33,65 aA	30,21 aAB	25,86 aB	5,32
APC	30,88 aA	29,19 aA	26,08 aA	8,68
APP	29,16 aA	17,97 Bb	16,98 bB	3,99
DMS	8,08	6,05	4,20	

ACN = área sob vegetação de Cerrado; APC = área sob plantio convencional; APP = área sob plantio na palha. Médias seguidas de mesma letra minúsculas (na coluna) e maiúsculas (na linha) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). DMS = diferença mínima significativa.

Em relação as formas de uso do solo, o estoque de carbono orgânico total na camada superficial de 0-15 cm foi significativo, apresentando maior estoque de carbono na camada superficial, havendo diferença significativa entre as camadas de 15-30 cm e 30-45 cm. A área sob vegetação de cerrado não apresentou diferença entre as profundidades 0-15 e 15-30 cm e de 15-30 e 30-45, porém a área de 0-15 cm é diferente da área de 30-45cm. A área sob plantio convencional não apresentou diferença

significativa entre as profundidades. Na área sob plantio na palha a camada de 0-15 cm apresentou um maior estoque de carbono orgânico total, diferindo assim das demais profundidades (Tabela 3).

O maior estoque de carbono orgânico total, nas diferentes formas de uso do solo e profundidade foi verificado na área sob vegetação de Cerrado e na área sob plantio convencional. A área de plantio na palha apresentou os menores valores nas profundidades de 15-30 cm e 30-45 cm, podendo ser explicado pelo manejo do solo, segundo Carvalho et al. (2010) o aumento dos teores de MOS em áreas de Sistema de Plantio Direto, em comparação a outros sistemas de manejo, pode estar relacionado principalmente ao seu tempo de instalação, pois o acúmulo de carbono neste sistema ocorre muito lentamente, levando de 10 a 15 anos para se tornar expressivo.

Tabela 4. Valores médios de carbono orgânico ligado a matéria orgânica particulada (COp) e associados à fração mineral do solo (COam) em áreas sob diferentes sistemas de manejo do solo nas profundidades de 0-15, 15-30 e 30-45 cm no Cerrado da Bahia.

Sistema de manejo	Profundidades (cm)			DMS
	0-15	15-30	30-45	
	-----COp (g kg ⁻¹)-----			
ACN	8,85 bA	4,44 aB	4,10 aB	2,19
APC	4,30 cA	4,42 aA	3,77 aA	1,99
APP	10,83 aA	2,13 bB	2,27 aB	0,98
DMS	1,37	2,00	1,90	
	-----COam (g kg ⁻¹)-----			
ACN	11,35 abAB	12,56 aA	9,63 aB	1,96
APC	14,23 aA	12,00 aA	10,00 aA	4,62
APP	6,58 bA	7,98 bA	6,74 bA	2,41
DMS	4,95	1,30	2,19	

ACN = área sob vegetação de Cerrado; APC = área sob plantio convencional; APP = área sob plantio na palha. Médias seguidas de mesma letra minúsculas (na coluna) e maiúsculas (na linha) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). DMS = diferença mínima significativa.

Na tabela 4, o carbono orgânico ligado a matéria orgânica particulada (COp), na forma de uso do solo, apresentou diferença significativa nas profundidades de 0-15 cm e 15-30 cm. Na área sob vegetação de cerrado e plantio na palha a camada de 0-15 cm, apresentou o maior valor, diferindo das demais profundidades. A área sob plantio convencional não apresentou diferença significativa entre as profundidades.

Em relação ao carbono orgânico associado a fração mineral do solo (COam) nas formas de uso do solo, a profundidade de 30-45 cm foi diferente das demais. Na área sob vegetação de cerrado a profundidade de 0-15 cm foi igual as demais, porém a profundidade de 15-30 cm foi diferente da profundidade de 30-45 cm. As áreas sob plantio convencional e plantio na palha não houve diferença significativa entre as profundidades nos diferentes usos do solo.

Tabela 5. Valores médios de estoque de carbono orgânico ligado a matéria orgânica particulada (EstCOp) e associados aos minerais do solo (EstCOam) em áreas sob diferentes sistemas de manejo do solo nas profundidades de 0-15, 15-30 e 30-45 cm no Cerrado da Bahia.

Sistema de manejo	Profundidades (cm)			DMS
	0-15	15-30	30-45	
	-----EsCOp (Mg ha ⁻¹)-----			
ACN	14,74 bA	7,89 aB	7,73 abB	3,79
APC	9,23 cA	9,57 aA	7,92 aA	3,98
APP	21,01 aA	3,44 bB	4,22 bB	3,35
DMS	3,76	3,53	3,65	
	-----EstCOam (Mg ha ⁻¹)-----			
ACN	18,91 abAB	22,32 aA	18,30 bB	3,45
APC	30,74 aA	25,95 aA	21,31 aA	10,96
APP	12,42 bA	15,24 bA	12,55 cA	2,92
DMS	10,54	5,30	1,21	

ACN = área sob vegetação de Cerrado; APC = área sob plantio convencional; APP = área sob plantio na palha. Médias seguidas de mesma letra minúsculas (na coluna) e maiúsculas (na linha) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). DMS = diferença mínima significativa.

De acordo com a tabela 5, o estoque de carbono orgânico ligado a matéria orgânica particulada (EstCOp) diferiu em todas as profundidades. Na área sob vegetação de cerrado e plantio na palha a camada de 0-15 cm diferiu das demais, isso pode ser explicado devido ao acúmulo de matéria orgânica no solo na camada superficial. Na área sob plantio convencional não houve diferença entre as profundidades.

O estoque de carbono orgânico associados aos minerais (EstCOam) apresentam entre os diferentes usos do solo, diferença significativa em todas as profundidades. Na área sob plantio convencional a camada de 0-15 cm foi igual nas outras profundidades, porém a camada de 15-30 cm foi diferente da camada de 30-45 cm. As áreas sob plantio convencional e plantio na palha não houve diferença entre as profundidades.

Tabela 6. Valores médios da relação entre o carbono orgânico ligado a matéria orgânica particulada (CO_p) e associados aos minerais do solo (CO_{am}) com o carbono orgânico total (COT) em áreas sob diferentes sistemas de manejo do solo nas profundidades de 0-15, 15-30 e 30-45 cm no Cerrado da Bahia.

Sistema de manejo	Profundidades (cm)			DMS
	0-15	15-30	30-45	
	-----CO _p /COT (%)-----			
ACN	43,94 bA	25,76 aA	29,86 aA	9,80
APC	23,90 cA	27,00 aA	27,00 aA	12,07
APP	62,79 aA	21,20 aB	25,08 aB	10,82
DMS	12,58	9,94	5,92	
	-----CO _{am} /COT (%)-----			
ACN	56,17 bB	74,24 aA	70,17 aA	8,78
APC	76,10 aA	73,00 aA	73,58 aA	12,07
APP	37,21 cB	78,79 aA	74,81 aA	10,82
DMS	12,58	9,94	9,61	

ACN = área sob vegetação de Cerrado; APC = área sob plantio convencional; APP = área sob plantio na palha. Médias seguidas de mesma letra minúsculas (na coluna) e maiúsculas (na linha) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). DMS = diferença mínima significativa.

A relação entre o carbono orgânico ligado a matéria orgânica particulada (CO_p) com o carbono orgânico total (COT) em diferentes usos do solo e em profundidades, evidencia que a camada de 0-15 cm foi diferente das demais (Tabela 6).

O CO_p apresentou de 21,20 a 62,79% do COT. Na área sob vegetação de cerrado, a camada de 0-15 cm apresentou o maior valor de 43,94%, não diferindo significativamente das outras profundidades. A área sob plantio convencional apresentou um valor de 23,9% na profundidade de 0-15 cm porém, não diferiu das outras profundidades. A área sob plantio na palha obteve o maior valor de 62,79% de CO_p se comparado as outras camadas, diferindo significativamente das outras profundidades.

O CO_{am} apresentou de 37,21 a 78,79% do COT. A profundidade de 0-15 cm foi diferente das demais profundidades. Na área sob vegetação de cerrado a camada de 0-15 cm apresentou o menor valor de 56,17%, diferindo das demais profundidades. Na área sob plantio convencional não houve diferença entre as profundidades, visto que a profundidade de 0-15 cm apresentou o maior valor 76,10%. Na área sob plantio na palha, a profundidade de 0-15 cm apresentou o menor valor diferindo das demais.

Tabela 7. Índice de estoque de carbono (IEC), labilidade do carbono (LC) e índice de manejo do carbono (IMC) em áreas sob diferentes sistemas de manejo do solo nas profundidades de 0-15, 15-30 e 30-45 cm no Cerrado da Bahia.

Sistema de manejo	IEC	LC	IMC
APC	0,91 a	0,40 b	36,56 b
APP	0,87 a	2,15 a	188,15 a
Fcal	1,88 ^{ns}	52,20 ^{**}	411,58
ACN	-	1,00	100,00
15-30 cm			
APC	0,96 a	1,12 a	107,41 a
APP	0,60 b	0,77 a	46,92 b
Fcal	32,51 ^{**}	2,12 ^{ns}	24,93 ^{**}
ACN	-	1,00	100,00
30-45 cm			
APC	1,01 a	0,88 a	92,40 a
APP	0,66 b	0,78 a	51,50 b
Fcal	21,14 ^{**}	0,83 ^{ns}	7,90 [*]
ACN	-	1,00	100,00

ACN = área sob vegetação de Cerrado; APC = área sob plantio convencional; APP = área sob plantio na palha. Médias seguidas de mesma letra minúsculas (na coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fcal = Teste de Fischer ($p < 0,01$).

O índice de manejo de carbono (IMC) foi diferente nas diferentes formas de uso do solo nas áreas sob plantio convencional e plantio na palha, na camada de 0-15 cm (Tabela 7), visto que a área sob plantio na palha na camada superficial, apresentou valores superiores à área de referência, demonstrando ser uma prática favorável à manutenção e aumento da matéria orgânica, entretanto nas camadas mais profundas não apresentou resultados satisfatórios, isso pode ser explicado pelo pouco tempo de uso do sistema.

Sabe-se que o IMC mede as alterações nos estoques de CO considerando os aspectos da labilidade do CO do solo (NICOLOSO, 2005). Valores de IMC inferiores a 100 indicam práticas prejudiciais à manutenção da matéria orgânica e da qualidade do solo (BLAIR et al., 1995; DE BONA, 2005).

5. CONCLUSÃO

A área sob plantio na palha não diferiu na profundidade de 0-15 cm das demais formas de uso, visto que não houve acúmulo de matéria orgânica na camada superficial suficiente para tornar essa forma de uso mais adequado. Nas profundidades de 15-30 cm e 30-45 cm a área sob plantio na palha foi igual a área sob vegetação de Cerrado, um dos fatores que possa ter contribuído para esse resultado é o tempo de uso e o manejo desse sistema.

A área sob plantio na palha apresentou o melhor IMC na camada superficial, demonstrando ser um uso do solo favorável a manutenção e aumento da matéria orgânica, nas camadas mais profundas não apresentou resultados satisfatórios, isso pode ser explicado pelo pouco tempo de uso do sistema.

6. REFERÊNCIAS

AB'SABER, A.N. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

AMADO, T.J.C. et al. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.1, p.189-197, 2001.

AMORIM, F.F. Agregação e estabilidade da matéria orgânica em sistemas conservacionistas de manejo do solo. 2016. 80 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.

BALBINOT, R.; SCHUMACHER, M.V.; WATZLAWICK, L.F.; SANQUETTA, C.R. Inventário do carbono orgânico em um plantio de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade no Rio Grande do Sul. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.5, n.1, 2003.

BALESDENT, J.; CHENU, C.; BALABANE, M. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil Till Res*, v.53, p.215-230, 2000.

BARRETO. A. C., LIMA. F. H. S., FREIRE. M. B. G, DOS S., ARAÚJO. Q. R., FREIRE. F. J. Características Químicas e Físicas de um Solo Sob Floresta, Sistema Agroflorestal e Pastagem no Sul da Bahia. **Revista Caatinga**, Mossoró-RN, v.19, n.4, p.415-425, outubro/dezembro 2006.

CAMPOS, B.C.; AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; NICOLOSO, R. S.; FIORIN, J.E. Carbon stock and its compartments in a subtropical oxisol under long-term tillage and crop rotation systems. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, n. 3, p. 805-817, 2011.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R.; CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 277- 289, 2010.

CATTELAN, A.; VIDOR, C. Sistemas de culturas e a população microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.2, p. 125-132, 1990.

CHAN, K.Y. Consequences of changes in particulate organic carbon in vertisols under pasture and cropping. *Soil Sci Soc Am J*, v.61, p.1376-1382, 1997.

CONCEIÇÃO, P. C. *Agregação e proteção física da matéria orgânica em dois solos do sul do Brasil*. 2006. 138 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.

CONCEIÇÃO, P.C.; BAYER, C.; DIEKOW, J.; SANTOS, D.C.D. Fracionamento físico da matéria orgânica e índice de manejo de carbono de um Argissolo submetido a sistemas conservacionistas de manejo. **Ciência rural**, v. 44, n. 5, p. 794-800, 2014.

CORAZZA, E.M.; SILVA, J.E.; RESCK, D. V. S & GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de Cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, 23:425-432, 1999.

COSER, T.R.; RAMOS, M.L.G.; FIGUEIREDO, C.C.D.; CARVALHO, A.M.D.; CAVALCANTE, E.; MOREIRA, M.K.D.R.; ARAUJO, P.S.; OLIVEIRA, S.A.D. Soil microbiological properties and available nitrogen for corn in monoculture and intercropped with forage. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, n.9, p. 1660-1667, 2016.

COSTA, F.S.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v.27, p.527-535, 2003.

CUNHA, E.Q.; STONE, L.F.; FERREIRA, E.P.B.; DIDONET, A.D.; MOREIRA, J.A.A. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 1, p.56-63, 2012.

DICK, D.P.; NOVOTNY, E.H.; DIECKOW, J.; BAYER, C. Química da matéria orgânica do solo. In: FREITAS MELO, V.; ALLEONI, L.R.F. *Química e mineralogia do solo*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. Parte II, p. 1-68.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W., COLEMAN, D.C., BEZDICEK, D.F. STEWART, B.A (Eds.) *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison: Soil Science Society Of America, 1994. p. 1-20. (Special Publication, 35)

DORAN, J.W.; ZEISS, M.R. Soil health and sustainability; managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*, Amsterdam, v.15, n. 1, p. 3-11. 2000.

ELLERT, B. H.; BETTANY, J. R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. *Canadian Journal Soil Science*, v.75, p.529-538, 1995. <http://dx.doi.org/10.4141/cjss95-075>

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo / Paulo César Teixeira ... [et al.], editores técnicos. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2017. 574p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Bioma cerrado. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia1/>. Acesso em: 27 jan. 2009.

ESTADOS UNIDOS. Department of Energy. Sequestration of carbon: State of the science. Washington, 1999.

FACCIN, F.C.; MARCHETTI, M.E.; SERRA, A.P.; ENSINAS, S.C. Frações granulométricas da matéria orgânica do solo em consórcio de milho safrinha com capim-marandu sob fontes de nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, n. 12, p. 2000-2009, 2017.

FOLLETT, R.F. Soil management concepts and carbono sequestration zin cropland soils. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v.61, n.1-2, p.77-92. 2001.

FOLEY, J. A.; DEFRIES, R.; ASNER, G. P.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S. R.; CHAPIN, F. S.; COE, M. T.; DAILY, G. C.; GIBBS, H. K.; HELKOWSKI, J. H.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E. A.; KUCHARIK, C. J.; MONFREDA, C.; PATZ, J. A.; PRENTICE, I. C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P. K. Global consequences of land use. *Science*, New York, v. 309, n. 5734, p. 570-574, 2005.

GERALDES, A.P.A.; CERRI, C.C.; FEIGL, B.J. Biomassa microbiana de solo sob pastagens na Amazônia. **Revista Brasileiro Ciência Solo**, v.19, p.55-60, 1995.

INMET 2010 (online). **INMET Clima: normas climatológicas**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/html/clima/mapas/?mapa=tmax>.

KUNDE, R.J.; LIMA, C.L.R., DOS ANJOS SILVA, S.D.; PILLON, C.N. Frações físicas da matéria orgânica em Latossolo cultivado com cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, n. 9, p. 1520-1528 2016.

LAL, R.; KIMBLE, J. & STEWART, B. A. Word soils as a source or sink for radiatively-active gases. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E. & STEWART, B. A., eds. *Soil management and greenhouse effect*. Boca Raton, *Advances in Soil Science*, CCR Lewis Publishers, 1995. p.1-7.

LAL, R. & BRUCE, J.P. The potential do world cropland soils to sequestre C and mitigate the greenhouse effect. *Environ. Sci. Pollut.*, 2:177-185, 1999.

LAL, R. The potential of soils of the tropics to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. *Adv. Agron.*, 74:155-192, 2002.

LAL, R. Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*, v. 7, n. 5, p. 5875-5895, 2015.

LARSON, W.E., PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management.in: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDIECK, D.F.; STEWART, B.A. (Eds.) *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison: ASA:SSSA, 1994. P. 37-51 (Special Publication, 35).

LEAL, O.D.A.; CASTILHOS, R.M.V.; PINTO, L.F.S.; PAULETTO, E.A.; LEMES, E.S.; KUNDE, R.J. Initial Recovery of Organic Matter of a Grass-Covered Constructed Soil after Coal Mining. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, n. 1, p. 1-16, 2016.

LEITE, L.F.C.; GALVÃO, S.R.S.; HOLANDA NETO, M.R.; ARAÚJO, F.S.; IWATA, B.F. Atributos químicos e estoques de carbono em Latossolo sob plantio direto no cerrado do Piauí. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.1273-1280, 2010.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; SCHULTZ, N.; CUNHA DOS ANJOS, L.H.; RIBEIRO DA SILVA, E.M. Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em diferentes sistemas de produção orgânica. *Idesia* (Arica), v. 29, n. 2, p. 11-19, 2011.

LOVATO, T. et al. Adições de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.1, p.175-187, 2004.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F. & DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S. & ALVAREZ V., V.H. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2003. v.3. p.209-248.

NICOLOSO, R.S. Dinâmica da matéria orgânica do solo em áreas de integração lavoura-pecuária sob sistema plantio direto. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2005. 150p. Dissertação Mestrado.

RANGEL, O. J. P., SILVA, C. A., Estoques de Carbono e Nitrogênio e Frações Orgânicas de Latossolo submetido a diferentes Sistemas de Uso e Manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p.1609-1623, 2007.

REICOSKY, D.C. & FORCELLA, F. Cover crop and soil quality interactions in agroecosystems. *J. Soil Water Conserv.*, 53:224-229, 1998.

REIS, D.A.; LIMA, C.L.R.; BAMBERG, A.L. Qualidade física e frações da matéria orgânica de um Planossolo sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n.9, p. 1623-1632, 2016.

ROCHA, M. T. Aquecimento e o sequestro de carbono em projetos agroflorestais. **Revista Ecologia**, nº151, Rio de Janeiro, 2000.

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

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; BETTA, M. & POLIDORO, J. C. Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em Latossolo Vermelho sob plantio de soja no cerrado goiano. **Rev. Bras. Ciênc. Agrár.** Recife, v.7, n.2, p.233-241, 2012.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRÍCIO, A.C.; MACEDO, M.C.M.; BROCH, D.L. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, n. 10, p. 1349-1356, 2012.

SAUERBECK, D.R. CO₂ emissions and C sequestration by agriculture: Perspectives and limitations. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 60:253-266, 2001.

SCHLESINGER, W.H. Carbon sequestration in soils: some cautions amidst o ptimism. *Agriculture Ecosystems and Environment*, v. 82, p. 121-127, 2000.

- SEGNINI, A. et al. Potencial de sequestro de carbono em área de pastagem de *Brachiaria Decumbens*. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Anais...2007.
- SILVA, C.A. & MACHADO, P.L.O.A. Seqüestro e emissão de carbono em ecossistemas agrícolas: Estratégias para o aumento dos estoques de matéria orgânica em solos tropicais. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2000. 23p. (Documentos, 19).
- SILVA, J.E.; LEMAINSKI, J.; RESCK, D.V.S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do oeste baiano. **Revista Brasileiro Ciência Solo**, v.18, p.541-547, 1994.
- SIQUEIRA NETO, M. et al. Rotação de culturas no sistema plantio direto, em Tibagi (PR). *R. Bras. Ci. Solo*, 33, 1013-1022, 2009.
- SIX, J.; FELLER, C.; DENEFF, K.; OGLE, S. M.; SA, J. C. M.; ALBRECHT, A. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils - effects of no-tillage. *Agronomie, Paris*, v. 22, n. 2, p. 755-775, 2002.
- SOUZA, E.D.; CARNEIRO, M.A.C.; BARBOSA PAULINO, H.; RIBEIRO, D.O.; BAYER, C.; ROTTA, L.R.. Matéria orgânica e agregação do solo após conversão de “campos de murundus” em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n.9, p.1194-1202, 2016.
- STEVENSON, F.J. *Humus chemistry: Genesis, composition, reactions*. 2.ed. New York, John Wiley & Sons, 1994. 496p.
- TEIXEIRA, L.; LA SCALA JÚNIOR, N.; LOPES, A. Fluxo de CO₂ do solo após aração e escarificação em diferentes condições. **Holos Environment**, v.10, p.1-11, 2010.
- ZINN, Y.L.; LAL, R. & RESCK, D.V.S. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. *Soil Till. Res.*, 84:28-40, 2005.