

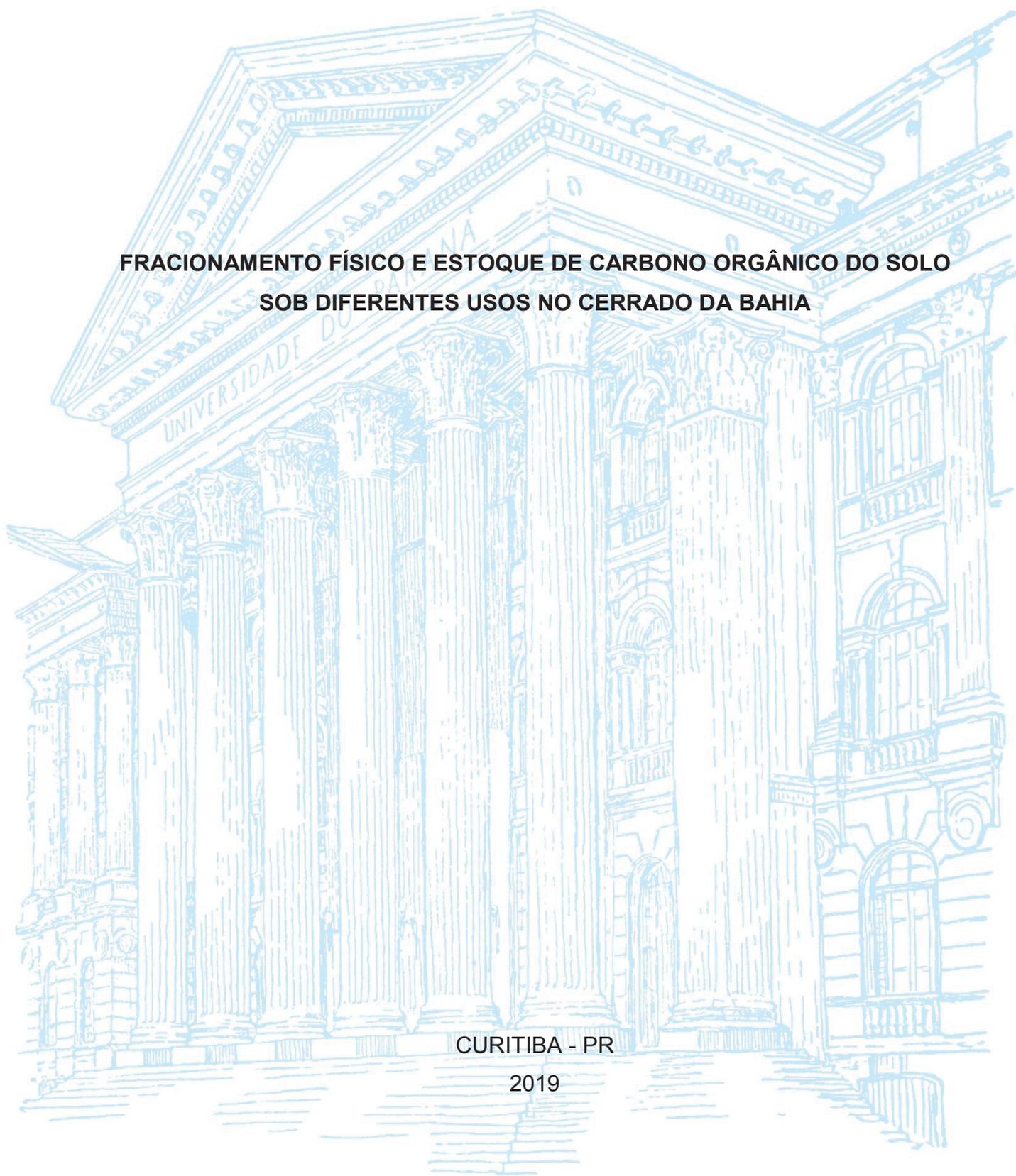
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RAISSA CAROLINA CHAVES NUNES

**FRACIONAMENTO FÍSICO E ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO DO SOLO
SOB DIFERENTES USOS NO CERRADO DA BAHIA**

CURITIBA - PR

2019



RAISSA CAROLINA CHAVES NUNES

**FRACIONAMENTO FÍSICO E ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO DO SOLO
SOB DIFERENTES USOS NO CERRADO DA BAHIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós-Graduação em Fertilidade dos Solos e Nutrição de Plantas, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fertilidade dos Solos e Nutrição de Plantas.

Orientadora: Prof. Dr^a. Nerilde Favaretto (UFPR)

Coorientador: Dr^a. Verediana F. Cherobim (UFPR)

CURITIBA - PR

2019

TERMO DE APROVAÇÃO

RAISSA CAROLINA CHAVES NUNES

FRACIONAMENTO FÍSICO E ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO DO SOLO SOB DIFERENTES USOS NO CERRADO DA BAHIA

TCC apresentada ao curso de Pós-Graduação em Fertilidade dos Solos e Nutrição de Plantas, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fertilidade dos Solos e Nutrição de Plantas.

Prof(a). Dr(a)./Msc. _____

Orientador(a) – Departamento _____, INSTITUIÇÃO

Prof(a). Dr(a)./Msc. _____

Departamento _____, INSTITUIÇÃO

Prof(a). Dr(a)./Msc. _____

Departamento _____, INSTITUIÇÃO

Curitiba, __ de _____ de 201__.

Mantenha essa página em branco para inclusão do termo/folha de aprovação assinado e digitalizado.

Trabalho dedicado a meu pai João Alves Nunes e minha mãe Maria Aparecida Teixeira Chaves Nunes que nunca mediram esforços para me ajudar e sempre acreditaram no meu potencial.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família por todo amor, por me fortalecer e me proteger;

À meu noivo, muito obrigada pelo apoio, confiança e incentivo;

Aos meus amigos (as), pela admiração e palavras de estímulo e orgulho;

À UFPR pela oportunidade de contribuir na minha capacitação;

Aos professores da Pós Graduação em Fertilidade Solos e Nutrição de Plantas por toda simplicidade na transmissão de conhecimentos;

À minha orientadora Nerilde Favaretto que desde a troca do primeiro email se mostrou disponível pra o que precisasse e orgulhosa da minha proposta de trabalho, além de todas as contribuições ao longo do mesmo;

À minha co-orientadora Verediana Cherobim por toda ajuda principalmente pelas dicas na escrita de trabalhos científicos;

À todos os colegas pela união, força, companheirismo, descontrações e por nunca deixar ninguém desistir por mais difícil que fosse, em especial Raylle e Dani pelos momentos vividos.

À meu professor de graduação a que me inspiro e admiro Adilson Alves da Costa, por todo conhecimento transmitido, por todos os esforços colocados a pesquisa, por ser tão otimista, pela paciência, amizade, por tudo que abdicou para doar atenção sempre que precisei. Meu muito obrigada de maneira carinhosa e especial.

Ao meu grupo de Pesquisa em Solo, Erika, Isabela, Paulo, Gabriel, Karine, Thais e Naiane, que me ajudaram nas coletas e análises das amostras de solo em especial o Prof Alberto, colega desde a graduação, pela simplicidade e disposição em ajudar a todo instante.

“O impossível é só questão de opinião”
(Charlie Brown Junior: Só os loucos sabem)

RESUMO

As diferentes formas de uso do solo adotadas nos cultivos agrícolas influenciam diretamente nos teores de matéria orgânica do solo, alteram a dinâmica e a natureza do carbono orgânico podendo diminuir, manter ou aumentar os teores em relação à vegetação nativa. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar as alterações provocadas por diferentes usos do solo sobre os estoques de carbono e no fracionamento físico da matéria orgânica em áreas do Cerrado da Bahia. O experimento foi constituído por quatro áreas: área de produção de banana (ABAN), área de produção de cana de açúcar (ACAN); área de cerrado 20 anos (ACN20) e como referência, uma área sob vegetação nativa de Cerrado sensu stricto (ACN). Foram determinados os teores de carbono orgânico total nas profundidades 0-10 cm; 10-20 cm; 20-30 cm; e com base nessas análises foram calculados os estoques de carbono pela massa equivalente do solo. Foram determinados também, nestas mesmas profundidades, os teores de carbono orgânico do solo em diferentes frações (fracionamento físico granulométrico), sendo analisado carbono associado a fração areia (CO_p) e carbono associado a fração silte e argila (CO_{am}) do solo. Os resultados foram: O manejo utilizado na área de produção de cana de açúcar contribui para reduzir os valores de carbono orgânico do solo em relação aos demais usos de solo; a regeneração da área nativa do cerrado durante 20 anos é suficiente para acumular carbono orgânico no solo na camada superficial e a área de produção de banana consegue manter os estoques de CO_{am} iguais ao ACN até os 20cm de profundidade.

Palavras-chave: Cerrado. Matéria Orgânica. Carbono Orgânico do Solo. Fracionamento Físico

ABSTRACT

The different forms of land use adopted in agricultural crops directly influence the levels of soil organic matter, change the dynamics and nature of organic carbon and may decrease, maintain or increase the levels in relation to native vegetation. This research aimed to evaluate the changes caused by different land uses on carbon stocks and on the physical fractionation of organic matter in Cerrado areas of Bahia. The experiment consisted of four areas: banana production area (ABAN), sugar cane production area (ACAN); 20-year-old Cerrado area (ACN20) and as a reference, an area under native Cerrado sensu stricto (ACN) vegetation. Total organic carbon contents at depths 0-10 cm were determined; 10-20 cm; 20-30 cm; and based on these analyzes carbon stocks were calculated by the equivalent soil mass. At these same depths, the soil organic carbon content was also determined in different fractions (particle size fraction), and carbon associated with sand fraction (CO_p) and carbon associated with silt and clay fraction (CO_{am}). The results were: The management used in the sugarcane production area contributes to reduce the soil organic carbon values in relation to the other soil uses; The regeneration of the native cerrado area for 20 years is sufficient to accumulate soil organic carbon in the topsoil and the banana production area can maintain the AC_{am} stocks equal to ACN up to 20cm deep.

Keywords: Cerrado. Organic matter. Soil Organic Carbon. Physical fractionation

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 16 |
| 1.1 OBJETIVOS..... | 17 |
| 1.1.1 Objetivo geral..... | 17 |
| 1.1.2 Objetivos específicos..... | 17 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 18 |
| 2.1 SOLOS NO CERRADO..... | 18 |
| 2.2 MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO..... | 19 |
| 2.3 DIFERENTES USOS DE SOLO EM ÁREAS DE CERRADO E A MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO..... | 21 |
| 2.4 FRAÇÕES DA MATERIA ORGÂNICA DO SOLO..... | 22 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 25 |
| 3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO..... | 25 |
| 3.2 SELEÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO..... | 25 |
| 3.3 COLETA DE SOLO..... | 26 |
| 3.4 ANÁLISES DO SOLO..... | 26 |
| 3.5 DETERMINAÇÃO DOS ESTOQUES DE CARBONO DO SOLO..... | 27 |
| 3.6 FRACIONAMENTO FÍSICO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO..... | 28 |
| 3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA..... | 28 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 29 |
| 5 CONCLUSÃO | 33 |
| LITERATURA CITADA | 34 |

1 INTRODUÇÃO

As diferentes formas de uso do solo adotadas nos cultivos agrícolas influenciam diretamente nos teores de matéria orgânica do solo, alteram a dinâmica e a natureza do carbono orgânico total podendo estes, diminuir, manter ou aumentar em relação à vegetação nativa (Santana et al., 2015).

O manejo da matéria orgânica do solo pode ter implicações significativas no balanço global do carbono e, por isso, no impacto do aumento da concentração de CO atmosférico sobre as mudanças climáticas (Leite, 2004). Assim, estudos de uso e manejo dos solos vêm sendo grandes contribuintes trazendo avaliações e apontamentos para diminuir a degradação e manter a qualidade do solo visando uma agricultura mais sustentável.

De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2013), dos 204 milhões de hectares de Cerrado, 54% estava coberto por vegetação nativa (111 Mha) enquanto que 46% era ocupado por usos antrópicos (93 Mha). Dentre os usos antrópicos destacam-se as agriculturas anuais e perenes que somadas ocupam 24 milhões de ha (12%).

A substituição do ecossistema do Cerrado em sistemas agrícolas resultou em mudança para o carbono derivado das culturas introduzidas (Rosolen et al., 2012). O carbono representa 58% da MOS, por isso, a determinação dos teores de carbono no solo pode ser utilizada para estimar a quantidade da fração orgânica no solo. Maiores teores de MOS contribuem para melhoria da qualidade do solo, uma vez que, a MOS influencia nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (Mielniczuk, 2008).

O acentuado processo de mineralização da matéria orgânica provoca emissão de gases do efeito estufa. Estima-se que desde 1750 com a retirada de ecossistemas naturais para a introdução da agricultura, foram emitidos aproximadamente 136 Pg de C para a atmosfera e grande parte foi proveniente da mineralização do carbono orgânico do solo (COS), correspondendo a aproximadamente 78 Pg de C (Grutzmacher, 2016 apud Janzen, 2004 e Lal, 2004). Lal (2009) reporta que a magnitude das perdas de carbono do solo para a atmosfera pode chegar de 25 a 75%, dependendo dos níveis anteriores de uso da terra, manejo e clima.

Santana (2015) analisando diferentes usos de solo observou que as amostras do cerrado nativo apresentaram os maiores teores de carbono orgânico em relação

às demais formas de uso do solo analisadas e a profundidade de 0-5 cm independente das formas de uso demonstrou os maiores teores de matéria orgânica leve.

As alterações provocadas pelo uso ou manejo do solo podem ser quantificadas através do fracionamento físico da MOS. Essa quantificação pode ser realizada através das alterações na proporção da fração lábil, como o carbono orgânico particulado (CO_p) associado a fração areia, bem como, das frações estáveis, ou seja associadas aos minerais (fração silte + fração argila) (CO_{am}), os quais podem fornecer informações importantes sobre a sustentabilidade ambiental e sobre a qualidade do solo (Mitton et al., 2017)

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar as alterações provocadas por diferentes usos do solo sobre os estoques de carbono e no fracionamento físico da matéria orgânica em áreas do Cerrado da Bahia.

1.1.2 Objetivos específicos

- a. Analisar os efeitos de diferentes usos do solo no estoque e taxa de acumulação de carbono orgânico total;
- b. Avaliar as implicações de diferentes usos do solo no fracionamento físico da matéria orgânica do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SOLOS NO CERRADO

O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul ocupando uma área de 2.036.448 km², cerca de 22% do território nacional, abrangendo aproximadamente 15 estados do Brasil, entre eles a Bahia (MMA, 2019). O cerrado tem passado por conversão no uso de terra e alguns fatores naturais do bioma são facilitadores desse processo como clima e solos propícios a agricultura e pecuária (Santos, 2007). Com a modernização e uso de tecnologias os solos do cerrado que antes eram pouco explorados nas atividades agrícolas passaram a ser de interesse econômico pelo potencial produtivo.

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos a maioria dos solos da região dos cerrados são Latossolos, cobrindo cerca de 46% da área. Esses tipos de solos podem apresentar uma coloração variando do vermelho para o amarelo, são profundos, bem drenados na maior parte do ano, apresentam acidez, toxidez por alumínio e são pobres em nutrientes essenciais (cálcio, magnésio, potássio e alguns micronutrientes) para a maioria das plantas. Além dos Latossolos, no Cerrado encontram-se os Neossolos Litólicos (solos pedregosos e rasos, geralmente de encostas), os Neossolos Quartzarênicos (solos arenosos), os Organossolos (solos orgânicos) e outros solos de menor expressão (Embrapa, 2019).

Os solos do cerrado apresentam como características a baixa quantidade de cátions trocáveis e boas características físicas, tais como relevo plano, perfil profundo, boa porosidade e estabilidade dos agregados (Almeida et al., 2014 apud Silva e Mielniczuk, 1998). A baixa CTC presentes nesses solos se deve a predominância de argilas de baixa atividade, aliada ao baixo teor de carbono orgânico (Souza e Lobato, 2004). As condições químicas dos solos do cerrado não favoráveis aos cultivos (acidez e baixa fertilidade) são corrigidas com calagem e adubação, já os atributos físicos (topografia, textura, profundidade) permitem o uso de tecnologias e máquinas que favorecem as produções. Esses manejos integrados às condições climáticas proporcionam produção em grande escala e coloca o bioma cerrado como celeiro produtivo do Brasil.

Na região do cerrado de Barreiras, Oeste da Bahia, os solos predominantes nas chapadas são os Latossolos Vermelho–Amarelo textura média, Neossolo Quartzarênico e solos hidromórficos associados às Veredas, em geral, de baixa fertilidade natural, variando de profundos a muito profundos, permeáveis, de textura média e ou arenosa, saturados com alumínio trocável. Já nas depressões, há associações de Cambissolos e Latossolos de textura argilosa (Passo et al., 2010 apud Moraes, 2003)

2.2 MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

A matéria orgânica do solo (MOS) é um importante reservatório de carbono, nutrientes e energia (Leite, 2004) resultante principalmente, da deposição de resíduos de plantas e animais em vários estágios de decomposição, além dos macro e micro-organismos (vivos ou mortos), e das raízes dos vegetais (Theng et al., 1987). A vegetação consiste na principal fonte de deposição de materiais orgânicos ao solo (Mulvaney et al., 2010). A medida que ocorre a deposição do material orgânico na superfície do solo vai ocorrendo a digestão pelos microrganismos e macrorganismos, acumulando MOS em diferentes fases de decomposição (Brady e Weil, 2008). O acúmulo de matéria orgânica do solo (MOS) é determinado a partir do balanço entre a entrada de carbono orgânico ao solo e saída de CO₂. A ciclagem da MOS é controlada por taxas de deposição, decomposição e renovação dos resíduos, que ocorrem de forma dinâmica (Mulvaney et al., 2010).

A matéria orgânica tem implicações sobre o comportamento do solo sendo determinante para a fertilidade e resistência dos solos afetando diversos processos físicos, químicos e biológicos e, por meio desses, desempenhando importantes funções (Quadros et al., 2012; Leite, 2004).

A matéria orgânica é um dos principais componentes do solo que influencia a formação e a estabilização dos agregados (Braida et al., 2011 apud Harris et al., 1966; Lynch & Bragg, 1985; Bronick & Lal, 2005). Os diversos resíduos que entram no solo são gradativamente transformados em MOS, podendo interagir com a fração mineral no processo de agregação do solo. A energia necessária para a formação desses agregados vem, sobretudo, do crescimento de raízes e hifas fúngicas e da ação mecânica de organismos da macrofauna, sendo que a estabilização, por sua vez, é

promovida por MOS transitória (principalmente polissacarídeos) (Roscoe et al., 2006). Esse processo resulta no surgimento de propriedades que conferem ao solo capacidade de resistir a perturbações, melhor infiltração e armazenamento de água, maior aeração, menor resistência ao crescimento de raízes, melhores condições para o desenvolvimento da biota do solo e das próprias plantas (Roscoe et al., 2006 apud Bayer, 2004; Lynch & Bragg, 1985; e Baumgartl & Horn, 1991).

O controle do estoque de MOS se dá pelo balanço entre as entradas, acima e abaixo do solo e as saídas por meio da mineralização. A floresta nativa, por exemplo, encontra-se em equilíbrio sendo fortemente controlada pelo clima, com alguma influência do estado de fertilidade do solo, textura do solo e vegetação. De forma geral, a mudança da floresta nativa para sistemas agrícolas propicia um declínio nos estoques de MOS. Essa redução pode ser atribuída ao aumento da erosão do solo, processos mais acelerados de mineralização da matéria orgânica e oxidação de C orgânico do solo, quantidades menores de aportes orgânicos e, ou, aportes orgânicos mais facilmente decompostos, em sistemas manejados comparativamente às florestas nativas (Leite, 2004). O preparo do solo executado com aração e, ou gradagem, aumenta o potencial de perda de MOS por erosão hídrica e decomposição microbiana, sendo a última a principal forma de perda de MOS afetada pela utilização de máquinas agrícolas (Bayer et al., 1999).

No entanto, em alguns sistemas manejados, o aumento nos estoques de MOS pode ocorrer, em face da maximização da produtividade das culturas e consequente aumento nos aportes da parte aérea e do sistema radicular ao solo (Leite, 2004). Dependendo do manejo aplicado, pode ocorrer equilíbrio com recuperação e até mesmo acumulação nos estoques de MOS em agroecossistemas, podendo resultar na atenuação da emissão de CO₂ para atmosfera, aumentando o sequestro de C no solo, e simultaneamente aumentando a produtividade do solo (Corazza et al., 1999; Peralta e Wander, 2008). Esse aumento no estoque de MOS é proveniente do sequestro de carbono (C) atmosférico, via fotossíntese, sendo, do ponto de vista ambiental, muito importante na mitigação da emissão de gases do efeito estufa (Lal, 2004).

2.3 DIFERENTES USOS DE SOLO EM ÁREAS DE CERRADO E A MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

De modo geral, os atributos físicos, químicos e biológicos do solo são afetados em função dos tipos de uso das áreas (Araujo et al., 2007). Dentre as características do solo capazes de detectar as alterações na sua qualidade, o carbono orgânico ou a matéria orgânica demonstram bastante sensibilidade às perturbações causadas pelos sistemas de manejo (Bayer & Mielniczuk, 1997).

A literatura fornece evidências de que o armazenamento de carbono no solo costuma ser maior em sistemas naturais quando comparados a solos cultivados. Ferreira et al. (2013) analisando alterações relativas entre os estoques de carbono da vegetação nativa e os sistemas cultivados (plantio direto e plantio convencional) em solos do cerrado, verificaram reduções de C do solo. O revolvimento do solo antes da implantação de cada cultura, ou a incorporação de corretivos e fertilizantes, ocasiona intensa perturbação do solo e estimula a ação dos microrganismos decompositores - BMS (Bayer et al., 2000; Faria et al., 2008). Souza et al. (2006) estudando estoque de carbono, verificaram que em relação a vegetação nativa do cerrado, áreas de pastagem apresentaram uma redução de 25 % no estoque de carbono, enquanto que em área com plantio de sorgo a redução foi de 4%.

Santos et al. (2012) avaliando a influência do histórico de uso e tipo de manejo, notaram que os solos que estavam sob SPD há mais de 10 anos tendem a apresentar uma maior quantidade de C nessa fração em relação àqueles que estavam sob braquiária, contudo, há uma tendência dos maiores valores dessa fração de C serem encontrados nos solos na condição não cultivada.

Entretanto, os sistemas cultivados, por sua vez, podem agir como fonte ou dreno de CO₂ atmosférico (Guo e Gifford, 2002; Lal, 2009), dependendo das práticas de manejo adotadas e do regime climático, em interação com os mecanismos e processos intrínsecos do solo (Smith et al., 2008). Este aumento no teor de COS é constatado em sistemas com mínimo revolvimento do solo (Reeves, 1997). O aumento dos estoques de matéria orgânica nos sistemas agrícolas dependente de fatores como quantidade de palha, tipo de rotação de cultura adotada, grau de revolvimento do solo, clima da região e doses de fertilizantes aplicadas nos sistemas (Andraus et al., 2013).

Schiavo et al. (2011) observaram aumento nos teores de carbono orgânico total e das frações humificadas da matéria orgânica em solos de Cerrado manejados integrando lavoura pecuária sob plantio direto, proporcionando melhoria na agregação do solo e no índice de manejo de carbono.

O acúmulo de C em Latossolo vermelho do Cerrado foi relatado por Bayer et al. (2006) que encontraram maior estoque de C (0-20 cm) sob sistema de plantio direto com 5 anos de implantação em relação ao solo sob vegetação nativa. A dinâmica da MOS nos agroecossistemas está associada à sua proteção física no interior de agregados do solo (Bronick e Lal, 2005), resultado da interação das frações mineral e orgânica do solo, que conjuntamente promovem o acúmulo de MOS (Bayer et al., 2006). Santos et al. (2014) estudando vários usos de solos do cerrado verificaram maiores teor de carbono no solo nos intervalos de profundidades superficiais (0-20 cm) decrescendo com a profundidade.

2.4 FRAÇÕES DA MATERIA ORGÂNICA DO SOLO

As frações da MOS podem ser determinadas por fracionamento granulométrico que envolve a separação da MOS em função do próprio tamanho ou de partículas às quais está associada. A separação geralmente é feita por peneiração e sedimentação. A fração de tamanho areia corresponde à matéria orgânica particulada (MOP), cuja permanência no solo está condicionada a proteção física desempenhada por agregados, sendo esta considerada fração lábil da MOS. A fração granulométrica de tamanho silte e argila, corresponde a matéria orgânica associada aos minerais (MOM), sendo definida como a fração da MOS que interage com a superfície de partículas minerais, estando protegida pelo mecanismo de proteção coloidal (Golchin et al., 1994; Dick et al., 2008), e considerada como fração estável da MOS. Watts et al. (2006) observaram que o valor de COT aumentou com o aumento do teor de argila, sugerindo que a argila oferece proteção física para o C do solo.

Os compartimentos da MOS devem ser quantificados por se mostrarem muito sensíveis as ações antrópicas e mudanças no manejo. Por isso, além dos teores ou dos estoques do COT tem sido recomendado, a determinação desses compartimentos, o que os credenciam como eficientes indicadores de qualidade do solo e possibilita a tomada de decisões em relação aos agroecossistemas mais

adequados a determinado ambiente (Leite, 2004). O interesse do fracionamento físico da MOS nasceu da observação de que o tempo de reciclagem dos nutrientes depende não apenas do tipo e da quantidade da matéria orgânica no solo, mas da sua localização dentro do perfil do solo (Stevenson e Cole, 1999).

Blair et al. (1995) verificaram que o carbono lábil tanto declina como se recupera mais rápido que o carbono não lábil ou carbono total, conduzindo à evidência de que o C lábil é o indicador mais sensível que a dinâmica do carbono total do sistema. Em razão disso, propuseram o Índice de Manejo do Carbono (IMC), que mede a quantidade de carbono lábil em relação ao carbono total, comparando um sistema testado com um sistema referência. Os autores alertaram que não há valores para este índice que possam ser considerados bons ou ruins. O IMC fornece uma medida da taxa de mudança do sistema estudado, relativa a uma área comparativamente mais estável.

Duxbury et al. (1989) descrevem os componentes da matéria orgânica como reservatórios. O reservatório lábil é formado de materiais que estão prontamente disponíveis para decomposição por ataque microbiano. A MOS constituinte da fração lábil é extremamente importante como fonte e dreno de nutrientes às plantas, especialmente em solos tropicais altamente intemperizados, como os existentes em áreas de cerrados.

Barreto (2014) avaliando carbono em diferentes idades de eucalipto observou que os teores de C associados as frações areia e silte contribuíram, em média, com 4 % e 12 % do COT, respectivamente; valores baixos na participação do carbono orgânico total. Segundo Christensen (1992), o baixo teor de C estariam relacionados à reduzida superfície específica e densidade de carga superficial das areias, fazendo com que esta fração apresente pouco ou nenhum material orgânico fortemente ligado, sendo pobre em complexos organominerais.

O tipo de cultura envolvida e manejo do sistema de produção é fundamental para aumentar os teores de carbono em frações lábeis da matéria orgânica. Santos et al. (2012) verificaram maiores teores de MOP em campo nativo (CN) comparado ao SPD e SPC. Os teores de MOP decresceram na ordem CN>SPD>SPC. Os maiores estoques nos sistemas envolvendo o SPD em relação ao SPC estão relacionados, principalmente, com a redução da taxa de decomposição microbiana devido à manutenção da estrutura do solo, que confere proteção física e química à MOS contra

o acesso de microrganismos e suas enzimas (Burns, 1982; Hassink & Whitmore, 1997).

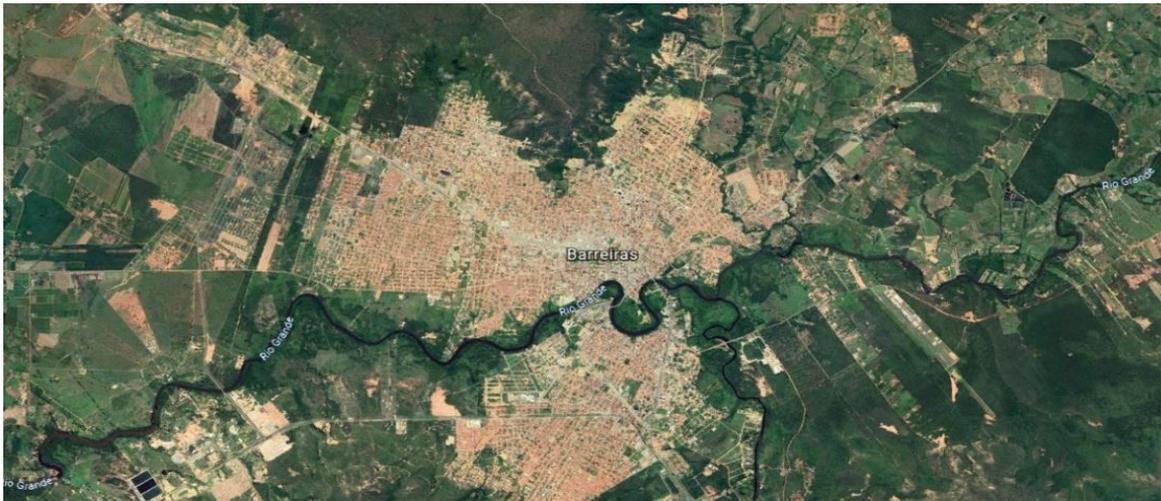
Nunes et al. (2011) também comparando sistemas, observaram-se maiores estoques de COT e COP na sequência decrescente: SPD milho > SPD mucuna > SPC milho; já no estoque de COM não foram observados efeitos dos sistemas de manejo. Isso deve-se à natureza dessa fração do C orgânico, que, por constituir-se de interações com as argilas do solo, é a mais estável no sistema, respondendo de maneira lenta aos efeitos de manejo de preparo de solo e culturas, especialmente nos solos argilosos e muito argilosos (Diekow et al., 2005; Figueiredo et al., 2007)

Embora existam poucas informações disponíveis sobre os processos de mineralização e consequente liberação e ciclagem de nutrientes desses compartimentos em solos tropicais, esses processos são controlados por aspectos químicos. Entretanto o tamanho do compartimento lábil (MOP) é aparentemente menor e tem ciclagem mais rápida, com liberação mais rápida de nutrientes em regiões tropicais úmidas. Por outro lado, os compartimentos de MOS quimicamente protegidos são provavelmente maiores. O preparo intensivo do solo, entretanto, resulta na remoção parcial da proteção da MOS e uma rápida liberação de nutrientes em áreas tropicais úmidas (Leite 2004).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi conduzido no município de Barreiras, localizado no extremo Oeste da Bahia, entre as coordenadas 12°08'44" S e 44°59'42" W, com altitude de 454m (Figura 01).



Fonte: GoogleEart 2019.

Figura 1. Localização do Município de Barreiras, Estado da Bahia.

Segundo Batistella et al. (2002), duas estações climáticas são bem definidas: a estação seca e fria (maio a setembro) e estação chuvosa e quente (outubro a abril). Sua posição geográfica assegura temperaturas elevadas durante boa parte do ano, em razão da forte radiação solar, com exceção das áreas mais elevadas, onde as temperaturas são mais amenas. As temperaturas médias máximas e mínimas variam entre 26 °C e 20 °C, respectivamente. A pluviosidade anual varia no sentido leste-oeste de 80mm a 1600mm, concentrando-se nos meses de novembro a março. A umidade média do ar é de 70%, sendo a máxima em 80% em dezembro e mínima de 50% em agosto.

3.2 SELEÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

As áreas de estudo e seu histórico (tabela 01) para avaliações foram: área de produção de banana (ABAN); área de produção de cana (ACAN); área de cerrado nativo 20 anos (ACN20) e área cerrado nativo (ACN).

| Usos do Solo | Histórico da área |
|---|--|
| Área de Produção Banana (ABAN) | Área de produção de banana prata com 46 meses, onde o preparo de solo foi realizado com aração, gradagem e sulcamento e os tratos culturais sem revolvimento do solo. |
| Área de Produção de Cana de Açúcar (ACAN) | Área de produção de cana de açúcar com 12 meses onde o preparo de solo foi realizado com aração, gradagem e sulcamento e os tratos culturais se concentraram em 3 capinas manuais. |
| Área de Cerrado Nativo 20 anos (ACN20) | Área de pousio com vegetação nativa sendo recuperada há mais de 20 anos. |
| Área Cerrado Nativo (ACN) | Área de vegetação nativa. |

Tabela 1. Histórico dos Usos de Solos no Cerrado do Oeste da Bahia. Barreiras- BA, 2019.

3.3 COLETA DE SOLO

As amostras deformadas de solo compostas de 4 repetições foram coletadas nas seguintes profundidades: de 0-10 cm; 10-20 cm; 20-30 cm; identificadas e armazenadas para determinação dos teores de carbono. Para determinação de densidade as amostras indeformadas foram coletadas utilizando-se o anel volumétrico acoplado ao trado, sendo uma amostra simples nas mesmas profundidades descritas acima.

3.4 ANÁLISES DO SOLO

As amostras deformadas do solo foram secas ao ar ou estufa (45 °C), destorroadas e passadas em peneira de 2,0 mm para obtenção da fração terra fina seca ao ar (TFSA). Foram realizadas análises de carbono orgânico (CO), seguindo a metodologia da (Embrapa 2017).

As amostras indeformadas foram utilizadas para determinação de densidade do solo (Ds), seguindo a metodologia descrita por Embrapa (2017). Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Química e Física do Solo pertencente ao Departamento de Ciências Humanas da Universidade do Estado da Bahia.

3.5 DETERMINAÇÃO DOS ESTOQUES DE CARBONO DO SOLO

Os estoques de C 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. Para o cálculo da massa equivalente, foi considerada a massa relativa do solo nas diferentes formas de uso pela seguinte expressão:

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

Em que:

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 igualizar as massas de solo dos tratamentos. Para o cálculo das camadas a serem adicionadas ou subtraídas, utilizou-se a seguinte expressão:

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

Em que:

$E_{\text{ad/sub}}$ = 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 C em massa equivalente foram obtidos pela seguinte expressão:

$$\text{Est} = \text{cc} \times \text{ds} \times (\text{E} \pm \text{Ead/sub}) \times \text{A} \times \text{Fkg}$$

Em que:

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

cc = concentração de C, expresso em g kg^{-1} ;

ds = 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 m^2 ;

Fkg = fator de conversão de kg para Mg ($0,001 \text{ Mg ha}^{-1}$).

3.6 FRACIONAMENTO FÍSICO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

O fracionamento físico granulométrico seguiu a metodologia de Cambardella e Elliot (1992). Pesou-se 20 g de TFSA, sendo adicionado 60 mL de solução de hexametáfosfato de sódio (5 g L^{-1}). As amostras foram homogeneizadas por 16 horas em agitador horizontal e após essa etapa, foi realizado o peneiramento das amostras utilizando peneira com malha de $53 \mu\text{m}$. O material retido na peneira consiste no carbono orgânico particulado (COp) associado a fração areia e o que passa na peneira corresponde ao carbono orgânico associado ao silte + argila (COam). Todo o material retido na peneira foi transferido para placa de petri e seco em estufa (50°C) por 24 horas e após essa etapa, o material foi moído em gral de porcelana e analisado o teor de carbono orgânico particulado (COp) segundo metodologia da Embrapa (2017). O teor de COam foi obtido por diferença entre o COT e COP.

3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para análise estatística dos dados foi utilizado o SAS (University Cody, 2015).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias por meio do teste de Tuckey a 5% de probabilidade em cada profundidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de carbono orgânico total (COT) e estoques de carbono orgânico total (EstCOT) em diversas profundidades sob diferentes usos do solo no Cerrado estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios de teores de carbono orgânico total (COT) e estoques de carbono orgânico total (EstCOT) nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm em áreas sob diferentes usos do solo no Cerrado.

| Uso do Solo | Profundidades (cm) | | |
|-------------|---|-----------|-----------|
| | 0-10 | 10-20 | 20-30 |
| | -----COT (g kg ⁻¹)----- | | |
| ACN | 15,64 Ab | 13,30 Bab | 15,27 ABa |
| ACN20 | 19,51 Aa | 12,24 Bab | 11,70 Bb |
| ABAN | 14,45 Abc | 13,90 Aa | 10,91 Bb |
| ACAN | 13,12 Ac | 11,50 Ab | 7,98 Bc |
| DMS | 2,38 | 2,38 | 2,38 |
| C.V. | 10,65 | 10,65 | |
| | -----EstCOT (Mg ha ⁻¹)----- | | |
| ACN | 14.38 Ab | 11.18 Bab | 13.30 Aa |
| ACN20 | 17.95 Aa | 11.96 Ba | 10.46 Bbc |
| ABAN | 13.29 Abc | 11.88 Aa | 11.82 Aab |
| ACAN | 12.07Ac | 9.98 Bb | 9.40 Bc |
| DMS | 1.84 | 1.84 | 1.84 |
| C.V. | 8.93 | 8.93 | 8.93 |

ACN = área sob vegetação nativa de Cerrado; ANC20 = área sob regeneração de Cerrado há 20 anos; ABAN = área sob plantio de banana; ACAN = área sob canavial. DMS = diferença mínima significativa. C.V. = coeficiente de variação. Letras maiúsculas iguais seguidas na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Todas as formas de usos de solo apresentaram redução nos teores de carbono orgânico total ao longo do perfil do solo analisado, sendo a ACAN com os menores valores. A ACN foi a única forma de uso que manteve seus teores de COT na camada de 0-10cm e 20 a 30cm estatisticamente iguais. Esse comportamento pode estar associado, as características da própria vegetação pelo volume de raízes em camadas mais profundas, assim como pela ausência de ação antrópica favorecendo a grande entrada e pouca saída de matéria orgânica no solo.

De acordo com Góes et al. (2005), o intenso revolvimento do solo para a implantação da cana-de-açúcar aumenta a exposição da matéria orgânica fisicamente

protegida à ação microbiana, o que acelera a oxidação e a decomposição da MOS, que diminui seu teor ao longo dos ciclos de cultivo.

Quando comparada as formas de uso na mesma profundidade, verificou-se que a ACN20 aumentou em relação a ACN, 24,7% e 24,8% o teor e estoque de CO respectivamente na camada de 0-10cm; mostrando que o período de 20 anos é suficiente para conservar matéria orgânica na camada superficial.

Na camada intermediária 10-20cm as áreas mantiveram iguais seus teores e estoques de CO, exceto a ACAN que reduziu 13,5% e 10,7% respectivamente em relação a ACN.

Kunde et all. (2016) analisando carbono orgânico em área de cana na camada de 10-20cm observou baixos teores de COT e associou ao efeito do preparo convencional do solo, que, para cana, atinge principalmente essa camada.

Avaliando o estoque de carbono nas formas de uso do solo, observou-se que a ABAN manteve seus estoques de CO na camada de 0-10 e 20-30cm; e não diferiu estatisticamente ACN nas mesmas profundidades.

Os teores de carbono associados a fração particulada (CO_p) e minerais (CO_{am}) e estoques de carbono orgânico associados a fração particulada (EstCO_p) e minerais (EstCO_{am}) nas diversas profundidades em áreas sob diferentes usos do solo no Cerrado são apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Fracionamento físico do carbono associados a fração particulada (COp) e minerais (COam) e estoques de carbono orgânico associados a fração particulada (EstCOp) minerais (EstCOam) nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm em áreas sob diferentes usos do solo no Cerrado.

| Uso do Solo | COp | COam | EstCOp | EstCOam |
|------------------------|---------------------------|-----------|----------|----------------------------|
| | ---g ka ⁻¹ --- | | | ---Mg ha ⁻¹ --- |
| Profundidade, 0-10 cm | | | | |
| ACN | 1.18 Ab | 14.46 ABb | 1.09 Ab | 13.30 Ab |
| ACN20 | 1.52 Aa | 17.98 Aa | 1.40 Aa | 16.55 Aa |
| ABAN | 0.54 Ac | 13.91 Ab | 0.49 Ac | 12.79 Ab |
| ACAN | 0.41 Ad | 12.71 Ab | 0.37 Ac | 11.70 Ab |
| DMS | 0.12 | 2.35 | 0.12 | 1.82 |
| C.V. | 11,19 | 11,05 | 12.86 | 9,26 |
| Profundidade, 10-20 cm | | | | |
| ACN | 0.80 Ba | 12.50 Bab | 0.67 Bb | 10.50 Bab |
| ACN20 | 0.84 Ba | 11.40 Aab | 0.83 Ba | 11.12 Bab |
| ABAN | 0.40 Bb | 13.50 Aa | 0.34 Bc | 11.53 Aa |
| ACAN | 0.47 Ab | 11.02 Ab | 0.41 Ac | 9.57 Bb |
| DMS | 0.12 | 2.35 | 0.12 | 1.82 |
| C.V. | 11,19 | 11,05 | 12.86 | 9,26 |
| Profundidade, 20-30 cm | | | | |
| ACN | 0.56 Ca | 14.71 Aa | 0.48 Ca | 12.80 Aa |
| ACN20 | 0.52 Ca | 11.18 Bb | 0.47 Ca | 9.99 Bbc |
| ABAN | 0.36 Bb | 10.54 Bb | 0.40 ABa | 11.39 Aab |
| ACAN | 0.14 Bc | 7.83 Bc | 0.16 Bb | 9.20 Bc |
| DMS | 0.12 | 2.35 | 0.12 | 1,82 |
| C.V. | 11,19 | 11,05 | 12.86 | 9,26 |

ACN = área sob vegetação nativa de Cerrado; ACN20 = área sob regeneração de Cerrado a 20 anos; ABAN = área sob plantio de banana; ACAN = área sob canavial. DMS = diferença mínima significativa. C.V. = coeficiente de variação. Letras iguais seguidas na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Analisando tanto os teores quanto os estoques de carbono orgânico particulado nas formas de uso de solo não foi detectado alterações decorrentes dos diferentes usos aplicados ao solo. Os maiores teores e estoques de COp foram encontrados na camada de 0-10cm e nos usos ACN e ACN20, confirmando que normalmente esta fração da matéria orgânica, introduzida diretamente pelos resíduos vegetais tem sua decomposição realizada nesta camada superficial do solo.

Os maiores valores de COp em áreas de cerrado nativo comparado aos demais usos de solo podem ser atribuídos tanto ao seu maior teor de COT quanto ao aporte de resíduos vegetais na superfície.

Loss et al. (2011) e Rossi et al. (2011) afirmam que o COp é constituído por partículas derivadas de resíduos de plantas e está diretamente relacionado ao material vegetal recentemente adicionado ao solo, portanto usos de solo que conservam resíduos na superfície tendem a aumentar os valores de COp.

Comparando o carbono orgânico associado aos minerais nos usos de solo a ACN manteve seus teores na camada superficial de 0-10 cm e 20-30cm, diferente das demais áreas que desempenharam igualmente entre si, reduzindo os teores na última camada. Esse comportamento da ACN em camadas mais profundas deve-se possivelmente à associação da fração COam com a superfície dos minerais de argilas o que dificulta a decomposição pela ação dos microrganismos.

O estoque de carbono associado aos minerais nas ABAN não foi alterado nas diferentes profundidades, tendo ainda a teor de COam nas camadas de 0-10 e 10-20cm iguais a ACN. Maiores quantidades de COam é um indicativo de que parte do carbono do solo encontra-se associado à argila + silte ocorrendo interação entre a fração mineral e orgânica, formando complexos estáveis, não alterados facilmente pelo manejo. Normalmente, o COam mostra-se menos sensível ao manejo do solo, principalmente no curto prazo (Bayer et al., 2004).

5 CONCLUSÃO

O manejo utilizado na área de produção de cana de açúcar contribui para reduzir os valores de carbono orgânico do solo em relação aos demais usos de solo;

A regeneração da área nativa do cerrado durante 20 anos é suficiente para acumular carbono orgânico no solo na camada superficial;

A área de produção de banana consegue manter os estoques de CO_{org} iguais ao ACN até os 20cm de profundidade.

LITERATURA CITADA

- ALMEIDA R. F. de; SANCHES B. C. Disponibilidade de Carbono Orgânico dos Solos no Cerrado Brasileiro. 2013. internet]. [acesso em 20 maio 2019] Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/7792/7948>
- ANDRAUS, M.P.; CARDOSO, A.A.; LEANDRO, W.M.; BRASIL, E.P.F. Matéria orgânica e características químicas de solos sob sistema de plantio convencional, plantio direto e mata nativa. *Cadernos de Agroecologia*, Recife 2013.v. 8, n. 2.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um Solo sob Diferentes Usos e Sob Cerrado Nativo. 2007. [internet]. [acesso em 21 maio 2019] Disponível em: <http://www.redalyc.org/html/1802/180214062025/>
- BARRETO, P. A. B.; RODRIGUES, E. F. G.; RODRIGUES, A. C. G. Carbono das Frações da Matéria Orgânica em Solos sob Plantações de Eucalipto de Diferentes Idades. 2014. [internet]. [acesso em 20 abril 2019] Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/leitura.asp?Article=12&Number=104>
- BATISTELA, M.; GUIMARÃES, M; MIRANDA, E. E. de; VIEIRA, H. R.; VALADARES, G. S.; MANGABEIRA, J. A. de C.; ASSIS, M.C. de. Monitoramento da Expansão Agropecuária na Região Oeste da Bahia. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2002. 39 p.; il. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 20).
- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. *R. Bras. Ci. Solo*, 1997. 21:105-112.
- BAYER, C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN NETO, L. & FERNANDES, S.V. Tillage and cropping system effects on organic matter storage in an Acrisol soil in southern Brazil. *Soil Till. Res.*, 54:101-109.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. & DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. *Soil Till. Res.*, 86:237-245.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A; CAMARGO, F A O. (Ed.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 9-26.
- BLAIR, G. J.; LEFROY, R. D. B.; 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*, Victoria, 1995.v. 46, p. 1459-1466.
- BRADY, N.C.; WEIL, R.R. *The nature and properties of soils*. 14th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2008
- BRAIDA J. A.; BAYER C.; ALBUQUERQUE J. A. e REICHERT J. M. Matéria Orgânica e seu Efeito na Física do Solo. 2011. *Tópicos CL Solo*, 7:221-278.
- BRONICK, C.J. & LAL, R. Soil structure and management: A review. *Geoderma*, 2005. 124:3-22.
- BURNS, R.G. Enzyme activity in soil: Location and a possible role in microbial ecology. *Soil Biol. Biochem.* 1982.14:423-427.
- CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Science Society American Journal*, Madison, 1992.v. 56, p. 777-783.

CHRISTENSEN, B.T. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. *Advances in Soil Science*, 1992. v.20, p.1-90.

CORAZZA, E.J.; 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. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 1999. v.23, p.425-432.

DICK, D.P.; NOVOTNY, E.H.; DIECKOW, J.; BAYER, C. Química da matéria orgânica do solo. In: MELO, V.F.; ALLEONI, L.R.F. (Eds.). *Química e mineralogia do solo*. 1. ed. Viçosa: SBCS, 2009. p. 1-67.

DIECKOW, J.; MIELNICZUK, J.; KNICKER, H.; BAYER, C.; DICK, D.P. & KÖGEL-KNABNER, I. Carbon and nitrogen stocks in physical fractions of a subtropical Acrisol as influenced by long-term no-till cropping systems and N fertilization. *Plant Soil*, 2005.268:319-328.

DUXBURY, J.J.; SMITH, M.S. & DORAN, J.W. Soil organic matter as a source and a sink of plant nutrients. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M. & UEHARA, G., eds. *Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems*. Honolulu, University of Hawaii, 1989. p.33-67.

EMBRAPA, 2019. [internet]. [acesso em 20 abril 2019] Disponível em:
https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_14_911200585231.html

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.

FARIA, G.E.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; SILVA, I.R.; NEVES, J.C.L. Carbono orgânico total e frações da matéria orgânica do solo em diferentes distâncias do tronco de eucalipto. *Scientia Agricola*. 2008. v.36, n.80, p.265-277.

FERREIRA, E. A. B. Dinâmica de Longo Prazo do Carbono do Solo em Sistemas de Manejo no Cerrado. 2013. [internet]. [acesso em 20 maio 2019] Disponível em:
http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/14921/3/2013_EloisaAparecidaBellezaFerreira.pdf

FIGUEIREDO, C.C.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C.; FERREIRA, E.A.B. & RAMOS, M.L.G. Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em resposta a diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Vermelho no Cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, 2007.31:551-562.

GÓES, G.B. de; GREGGIO, T.C.; CENTURION, J.F.; BEUTLER, A.N.; ANDRIOLI, I. Efeito do cultivo da cana-de-açúcar na estabilidade de agregados e na condutividade hidráulica do solo. *Irriga*, v.10, p.116-122, 2005.

GOLCHIN, A.; OADES, J.M.; SKJEMSTAD, J.O.; CLARKE, P. Soil-structure and carbon cycling. *Australian Journal Soil Research*, 1994.32:1043-1068.

GOOGLEEART 2019. [internet]. [acesso em 20 maio 2019] Disponível em:
<https://earth.google.com/web/@-12.14622138,-45.00151667,446.7797763a,15146.26228329d,35y,142.67576332h,0t,0r>

GRUTZMACHER, P. Estoque de Carbono no Solo e Emissão de Gases de Efeito Estufa em Sistema de Produção de Milho com Uso de Lodo de Esgoto, 2016. [internet]. [acesso em 20 abril 2019] Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/156583/1/2016TS-10.pdf>

GUO LB, GiffordRM. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology* 2002; 8(4): 345- 360. [internet]. [acesso em 28 abril 2019] Disponível em:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1354-1013.2002.00486.x>

HASSINK, J. & WHITMORE, A.P. A model of the physical protection of organic matter in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1997.61:131-139.

INPE, 2013. [internet]. [acesso em 20 maio 2019] Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/tccerrado/index.php?mais=1>

KUNDE, R.J; RODRIGUES DE LIMA, C.L.; SILVA, S.D. A.; PILLON, C.N. Frações físicas da matéria orgânica em Latossolo cultivado com cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.51, n.9, p.1520-1528, set. 2016

LAL, R. Challenges and opportunities in soil organic matter research. *European Journal of Soil Science*, Oxford, 2009.v. 60, n. 2, p. 158–169.

LAL, R. Soil Carbon Sequestration Impacts on Global. *Science*, 2004.v.304, p.1623.

LEITE, L. F. C. Matéria Orgânica do Solo. Embrapa 2004. [internet]. [acesso em 20 maio 2019] Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/36210/1/Doc97.pdf>

LOSS A. Dinâmica da matéria orgânica, fertilidade e agregação do solo em áreas sob diferentes sistemas de uso no cerrado goiano. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Rio de Janeiro: UFRJ. 122p, 2011.

MIELNICZUK J. Matéria orgânica e sustentabilidade dos sistemas agrícolas. In: SANTOS GA et al. eds. *Fundamentos da matéria orgânica do solo – ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2008. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole. p. 1- 5.

Mistério do Meio Ambiente, 2019. [internet]. [acesso em 22 maio 2019] Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>

MITTON, R. V.; COBOS, J. Y. G.; BARBOSA, L. R.; BORGHO, J. D. H. Fracionamento Físico Da Matéria Orgânica De Um Latossolo Vermelho Distrófico Típico Pelo Método De Sonicação, 2017. [internet]. [acesso em 07 de maio 2019] Disponível em: <https://www.redalyc.org/html/995/99551919003/>

MULVANEY, M.J.; WOOD, C.W.; BALKCOM, K.S.; SHANNON, D.A.; KEMBLE, J.M. Carbon and nitrogen mineralization and persistence of organic residues under conservation and conventional tillage. *Agronomy Journal*, 2010.v.102, p.1425-1433.

NETO, J. P. S.; BEZERRA A. R. G.; MOSCON É. S. Probabilidade e análise decadal da precipitação pluvial da cidade de Barreiras - Bahia, Brasil. 2013.

NUNES R. de S.; LOPES, A. A. de C.; SOUSA, D. M. G. de; e MENDES I. de C. Sistemas de Manejo e os Estoques de Carbono e Nitrogênio em Latossolo de Cerrado com a Sucessão Soja-Milho. 2001. [internet]. [acesso em 03 de maio 2019] Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v35n4/a35v35n4.pdf>

PASSO, D.P.; MARTINS, E. de S.; GOMES, M.P.; REATTO, A.; CASTRO, K. B. de; LIMA, L. A. de S.; JUNIOR, O.A.C.; GOMES, R.A.T. Caracterização Geomorfológica do Município de Barreiras, Oeste Baiano, Escala 1:100.000. Embrapa. 2010.

PERALTA, A.L.; WANDER, M.M. Soil organic matter dynamics under soybean exposed to elevated [CO₂]. *Plant Soil*, 2008.v.303, p.69-81.

QUADROS, P. D.; ZHALNINA, K. DAVISRICHARDSON, A. The Effect of Tillage System and Crop Rotation on Soil Microbial Diversity and Composition in a Subtropical Acrisol. *Diversity*, 2012.v. 4, n. 4, p.375-395.

REEVES, D. W. The role of soil organic matter in maintaining quality in continuous cropping systems. *Soil and Tillage Research*, nov. 1997.v. 43, n. 1-2, p. 131-167.

ROSCOE R.; MERCANTE, F. M.; SALTON J. C. Dinâmica da Matéria Orgânica do Solo em Sistemas Conservacionistas: Modelagem Matemática E Métodos Auxiliares. Embrapa, 2006. [internet]. [acesso em 20 abril 2019] Disponível em: http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/agriculturaOrganica/Sistemas_Manejo_Materia_Organica.pdf

ROSOLEN, V.; RESENDE, T. M.; BORGES, E. N.; FRARE, C. T.; MACHADO, H. A. Impactos da substituição da vegetação original do Cerrado brasileiro em sistemas agrícolas: alteração do carbono orgânico do solo e $\delta^{13}\text{C}$, 2012. [internet]. [acesso em 25 de maio 2019] Disponível em: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112012000300004

ROSSI CQ et al. Frações húmicas da matéria orgânica do solo cultivado com soja sobre palhada de braquiária e sorgo. *Bragantia* 70: 622-630, 2011.

SANTANA, C. C.; SARDEIRO, L. S.; SANTOS, A. C. dos; GONÇALVES, I. R.; ROSA, V. A.; COSTA, A. A. Estoque de carbono e matéria orgânica leve em áreas sob diferentes formas de uso do solo no Cerrado da Bahia, 2015. [internet]. [acesso em 25 de maio 2019] Disponível em: <https://www.sbcs.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/197.pdf>

SANTOS J. Z. L.; NETO A. E. F.; RESENDE A. V.; CARNEIRO L. F. e CURI N. Frações de Fósforo e Carbono Orgânico em Latossolos de Cerrado Sob Diferentes Usos. *Fertibio* 2012. [internet]. [acesso em 21 abril 2019] Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/68900/1/Fracoes-fosforo.pdf>

SANTOS, F.; MARQUES, T. de A.; SOUZA, J. P. S.; REATO, A.; MARTINS, E. de S.; COUTO JR, A. F. E NARDOTO, G. B. Teor de Carbono Orgânico do Solo e Aspectos Biofísicos da Cobertura Vegetal da Bacia do Córrego Sarandi, Planaltina, DF. *Embrapa Cerrados*. 2014.

Schiavo, J. A.; Rosset, J. S.; Pereira, M. G.; Salton, J. C. Índice de manejo de carbono e atributos químicos de Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, p.1332-1338, 2011. [internet]. [acesso em 20 abril 2019] Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v46n10/46v10a28.pdf>

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, Campinas. 1998; v.22, n.2, p.311-317.

SMITH, P.; MARTINO, D.; CAI, Z.; GWARY, D.; JANZEN, H.; KUMAR, P.; MCCARL, B.; OGLE, S.; O'MARA, F.; RICE, C.; SCHOLLES, SIROTKO, O.; HOWDEN, M.; MCALLISTER, T.; PAN, G.; ROMANENKOV, V.; SCHNEIDER, U.; TOWPRAYOON, S.; WATTENBACH, M.; SMITH, J. Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society London*, Londres, 2008.v. 363, p. 789–813.

SOUSA, D.M.G.; & LOBATO, E. (Ed.). *Cerrado: Correção do solo e adubação*. 2. Ed. Planaltina, DF. Embrapa Cerrados, 2004. 416p.

STEVENSON, F. J.; COLE, M. A. *Cycles of soil: Carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients*. New York: John Wiley & Sons, 1999. 427 p.

THENG, B.K.G.; TATE, K.R.; SOLLINS, P. Constituents of Organics Matter in Temperate and Tropical Soil. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M.; UEHARA, G. (Ed.) *Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems*. Honolulu: University of Hawaii, 1989. p.5-32.

WATTS, C.W.; CLARK, L.J.; POULTON, P.R.; POWLSON, D.S. & WHITMORE, A.P. The role of clay, organic carbon and long-term management on mouldboard plough draught measured on the Broadbalk wheat experiment Rothamsted. *Soil Use Manag.*, 2006.22:334-341.