



UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA

Departamento de Ciências Humanas - Campus IX

**QUALIDADE DA MATÉRIA ORGÂNICA DOS SOLOS DE
PROPRIEDADE AGRÍCOLA SOB DIFERENTES USOS NO
PERÍMETRO IRRIGADO BARREIRAS NORTE, NO OESTE DA
BAHIA**

JOÃO VITOR MATUTINO DE FREITAS

Barreiras-BA

Junho, 2021

JOÃO VITOR MATUTINO DE FREITAS

**QUALIDADE DA MATÉRIA ORGÂNICA DOS SOLOS DE
PROPRIEDADE AGRÍCOLA SOB DIFERENTES USOS NO
PERÍMETRO IRRIGADO BARREIRAS NORTE, NO OESTE DA
BAHIA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Colegiado de Engenharia Agrônômica da Universidade do Estado da Bahia - UNEB - Campus IX, como parte das exigências para obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Da Silva Junior

Barreiras-BA

Junho, 2021

FICHA CATALOGRÁFICA
Sistema de Bibliotecas da UNEB

F866q

Freitas, João Vitor Matutino de

Qualidade da matéria orgânica dos solos de propriedade agrícola sob diferentes usos no perímetro irrigado Barreiras Norte, no Oeste da Bahia / João Vitor Matutino de Freitas. - Barreiras, 2021.

42 fls.

Orientador(a): Dr. Jorge da Silva Júnior.

Inclui Referências

TCC (Graduação - Engenharia Agrônômica) - Universidade do Estado da Bahia. Departamento de Ciências Humanas. Campus IX. 2021.

1.Matéria Orgânica. 2.Fracionamento Químico. 3.Substâncias Húmicas.

CDD: 633

UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA
Departamento de Ciências Humanas - Campus IX

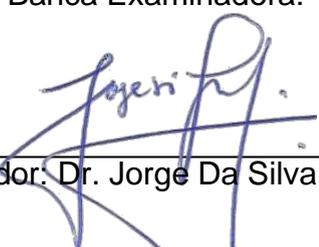
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**QUALIDADE DA MATÉRIA ORGÂNICA DOS SOLOS DE
PROPRIEDADE AGRÍCOLA SOB DIFERENTES USOS NO
PERÍMETRO IRRIGADO BARREIRAS NORTE, NO OESTE DA
BAHIA**

AUTOR: JOÃO VITOR MATUTINO DE FREITAS

ORIENTADOR: Dr. JORGE DA SILVA JUNIOR

Banca Examinadora:


Orientador: Dr. Jorge Da Silva Júnior.


(examinador)


(examinador)

Data de realização 30 / 06 / 2021

Dedico esse trabalho a Deus, e a todos que buscam estudar sobre o a qualidade do solo e da matéria orgânica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelas bênçãos em ter me permitido, com saúde, poder estar realizando mais uma etapa da minha vida, e por todos os momentos de desânimo, poder iluminar meu caminho.

A minha avó Judith, por sempre acreditar nos estudos e incentivar a sempre buscar ser uma pessoa melhor a cada dia. Por todos os conselhos, toda paz que ela sempre proporcionou nos momentos difíceis.

Agradeço a Universidade do Estado da Bahia – UNEB, por obter excelentes docentes, e pela estrutura que obtém, que apesar de algumas carências, foi suficiente para a realização desse projeto.

Ao meu orientador Dr. Jorge da Silva Júnior, por todos os conselhos e enormes auxílios durante toda etapa da realização do projeto e aos meus colegas do grupo de pesquisa, que foram importantes para assistência principalmente da coleta do material à campo.

RESUMO

Aliado a uma alta demanda produtiva, aprimorar e manter a qualidade do solo, é de extrema importância, garantindo uma produção agrícola. Neste contexto, a matéria orgânica do solo (MOS), primordialmente as suas frações, é classificada como o principal fator para indicar a qualidade do solo. Neste contexto, essa pesquisa teve como objetivo avaliar a qualidade da matéria orgânica do solo em áreas sob diferentes usos no perímetro irrigado Barreiras Norte, BA. Foram coletadas amostras de solos em áreas sob diferentes usos (cerrado nativo, grandes culturas, olericultura, pastagem e área sob fruticultura) nas profundidades de 0-20 cm. A coleta das amostras de solo para a pesquisa foi realizada no perímetro irrigado Barreiras Norte, no município de Barreiras, na região Oeste da Bahia, sendo analisadas por técnicas laboratoriais no Complexo de Laboratórios da UNEB – Campus IX, no departamento de química e física dos solos. A área sob fruticultura, com o cultivo de banana há 12 anos, foi a única área que apresentou os teores de C nas frações húmicas superiores quando comparadas com o Cerrado nativo. A área sob fruticultura, é a área que apresenta maior quantidade de COT e QMOS, com 15,74 g/kg de solo e 44,37 t.ha⁻¹, respectivamente, quando comparado com o Cerrado Nativo. O acréscimo de COT no solo na área sob cultivo de banana, foi de 160,78%, em relação ao solo de mata nativa. Entre a área sob olericultura, pastagem, grandes culturas e cerrado, não houve diferença significativa quando comparado a fração ácido fúlvico. Portanto, conclui-se que o cultivo de banana promove um maior incremento de MOS, a qual promove um potencial de sequestro de carbono.

Palavras-chave: fracionamento químico, substâncias húmicas, matéria orgânica do solo.

ABSTRACT

Allied to a high productive demand, improving and maintaining the quality of the soil is extremely important, guaranteeing agricultural production. In this context, soil organic matter (MOS), primarily its fractions, is classified as the main factor to indicate soil quality. In this context, this research aimed to evaluate the quality of soil organic matter in areas under different uses in the irrigated perimeter of Barreiras Norte, BA. Soil samples were collected in areas under different uses (native savanna, large crops, horticulture, pasture and area under fruit cultivation) at depths of 0-20 cm. The collection of soil samples for the research was carried out in the irrigated perimeter Barreiras Norte, in the municipality of Barreiras, in the western region of Bahia, being analyzed by laboratory techniques at the UNEB Laboratory Complex - Campus IX, in the department of chemistry and physics of soils. The area under fruit cultivation, with banana cultivation for 12 years, was the only area that presented higher levels of C in the humic fractions when compared to the native Cerrado. The area under fruit cultivation is the area with the highest amount of TOC and QMOS, with 15.74 g/kg of soil and 44.37 t.ha⁻¹, respectively, when compared to the Native Cerrado. The increase of TOC in the soil in the area under banana cultivation was 160.78%, in relation to the soil of native forest. Between the area under horticulture, pasture, large crops and cerrado, there was no significant difference when compared to the fulvic acid fraction. Therefore, it is concluded that banana cultivation promotes a greater increase in MOS, which promotes a potential for carbon sequestration.

Keywords: chemical fractionation, humic substances, soil organic matter.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição pluviométrica na Região do Oeste do estado da Bahia (Fonte: AIBA, 2021).....	18
Figura 2. Área sob Grandes Culturas (A, B e C). Fonte: AUTOR, 2020.....	19
Figura 3. Área sob Olericultura (A e B), na Fazenda Modelo. Fonte: AUTOR, 2020.....	20
Figura 4. Área sob Cultivo de Capim-mombaça (A e B). Fonte: AUTOR, 2020.....	20
Figura 5. Área sob Cultivo de Banana há doze anos (A e B). Fonte: AUTOR, 2020.....	20
Figura 6. Área de Cerrado Nativo (A e B). Fonte: AUTOR, 2020.....	21
Figura 7. Coleta das subamostras (A) e amostras indeformadas (B). Fonte: AUTOR, 2020.....	22
Figura 8. Pesagem de 1,0 g do material (A) e amostras em repouso por 24h (B). Fonte: AUTOR, 2020.....	25
Figura 9. Coleta dos sobrenadantes (A) e adição do material acidificante (B). Fonte: AUTOR, 2020.....	26
Figura 10. Acidificação dos sobrenadantes (A e B). Fonte: AUTOR, 2020.....	26
Figura 11. Processo de filtragem do material (A, B, C e D). Fonte: AUTOR, 2020.....	27
Figura 12. Balões volumétricos de 50 ml contendo o material filtrado (A) e fração ácido húmico a esquerda e fração ácido fúlvico a direita (B). Fonte: AUTOR, 2020.....	27
Figura 13. Adição de soluções (A) e material no bloco digestor (B). Fonte: AUTOR, 2020.....	28
Figura 14. Antes da titulação (A) e após a titulação (B). Fonte: AUTOR, 2020.....	29
Figura 15. Amostras pesadas em balança analítica (A), adição dos reagentes nos beakers (B) e diferença entre após a dissolução do material e antes da dissolução (C). Fonte: AUTOR, 2020.....	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 Usos do solo no Cerrado	12
2.2 Qualidade da Matéria Orgânica do Solo	13
2.3 Indicadores de Qualidade da MOS e Influência das Substâncias húmicas na qualidade do solo	14
2.4 Substâncias Húmicas	15
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1 Localização e histórico da área de estudo	18
3.3 Amostragem do solo	21
3.5 Análises físicas	22
3.6 Fracionamento das Substâncias Húmicas	24
3.7 Determinação do carbono nas Substâncias Húmicas.....	28
3.5 Análise dos dados	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5 CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios da agricultura atual, é o aproveitamento das áreas agrícolas, diminuindo sua expansão, porém atendendo a demanda de um alto potencial produtivo, associado à qualidade ambiental e retorno financeiro aos produtores (Roesch-McNally et al., 2018). Aliado a essa demanda produtiva, aprimorar e manter a qualidade do solo, é de extrema importância, garantindo uma produção agrícola. Conseqüentemente, a matéria orgânica do solo (MOS), é classificada como o principal fator para indicar a qualidade do solo, sendo considerada como base para a sustentabilidade agrícola (LAL, 2004). Entretanto, alguns usos do solo podem afetar negativamente a qualidade da matéria orgânica do solo (MOS), principalmente quando há monocultivo sob culturas que depositam baixa quantidade de resíduo vegetal, sendo assim, a importância de estar verificando a qualidade da MOS sob diferentes usos do solo.

A quantidade de MOS é influenciada pela entrada de material orgânico, da taxa de mineralização, do clima e da textura do solo. Esses fatores em conjunto, tende a favorecer um equilíbrio da MOS nas áreas de vegetação nativa (KHORRAMDEL et al., 2013). Porém, em sistemas agrícolas, de acordo com o manejo adotado, irá influenciar nos estoques de MOS, aumentando, diminuindo ou mantendo os estoques, quando comparado com a vegetação nativa (BAYER et al., 2000; LIU et al., 2003; KHORRAMDEL et al., 2013). Desta forma, elevados teores de carbono no solo, proporciona um aumento da matéria orgânica, favorecendo a qualidade física, química e biológica do solo (ROSA et al., 2017). Entretanto, é pertinente verificar como está a qualidade da matéria orgânica (MO) disponível a depender do uso do solo, para poder entender a sua disposição em diferentes manejos do solo.

As substâncias húmicas, corresponde a uma das frações da matéria orgânica do solo (MOS) representando mais de 80% do carbono (C) no solo, sendo consideradas indicativas no procedimento de humificação da MOS, composta pelas frações ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e húmica (NASCIMENTO et al., 2010; STEVENSON, 1994). Devido à grande reatividade dessas substâncias, apresentam envolvimento direto na maioria dos processos físicos, químicos e biológicos, por isso o fracionamento químico da MOS, é então

utilizado para avaliar os teores de carbono nas diferentes frações húmicas do solo (CANELLAS et al., 2008).

A importância das substâncias húmicas, está devido as diversas características desempenhando importante papel na retenção de calor, estimulando a germinação de sementes, atuando contra a erosão dos solos, devido os agregados oriundos da combinação com argilas, evitando o escoamento, além de favorecer alta capacidade de retenção de água. Além das características já citadas, as substâncias húmicas, especificamente a fração ácido fúlvico, são também tidas como as principais reguladoras de troca catiônica (CTC), formando também complexos com íons micronutrientes de plantas, permitindo que estes sejam biodisponíveis para as culturas (PRIMO et al., 2011).

Dessa forma, essa pesquisa teve como objetivo avaliar a qualidade da matéria orgânica do solo em áreas sob diferentes usos no perímetro irrigado Barreiras Norte, BA.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Usos do solo no Cerrado

O desenvolvimento da agricultura moderna proporcionou uma expansão das áreas agrícolas de soja e de algodão no Cerrado, esses grandes investimentos tecnológicos oriundos principalmente das iniciativas privadas, como grandes propriedades agrícolas presentes no bioma, caracterizando um modo de produção capitalista, resultando na modernização agrícola. Desse modo, se destaca a produção de grãos, em um processo de aumento das atividades, principalmente no Cerrado baiano, onde é considerado uma das fronteiras agrícolas mais favorável ao fortalecimento do agronegócio (DOS SANTOS et al., 2018).

Os solos da região do Cerrado, em sua maioria são constituídos por Latossolos, sendo de relevo suavemente ondulado, com características porosas, possui baixa densidade de carga negativa, sendo caracterizado por baixa CTC, com baixa retenção de água e atividade da matéria orgânica, apesar de seus teores serem altos em solos virgens (RESCK et al., 1991).

Diversos usos do solo ocupam o espaço do Cerrado nativo, como o uso do solo para pastagem, eucalipto e outros sistemas de manejo, como exemplo a ocupação de aproximadamente 10,5% de 80 milhões de hectare, por culturas agrícolas (COSTA et al., 2020; SANO et al., 2008). De acordo com Bolfe et al. (2017), através do processo de conversão agrícola, essa agricultura de larga escala, vem cada vez mais substituindo as áreas de pastagens naturais, sendo favorecidas pela mecanização e intensificação da produção.

De acordo com Araújo et al. (2007), devido ao uso constate do solo e das atividades das ações humanas, o uso sustentável do solo vem sendo considerado um assunto de crescente interesse para a população, visto que os atributos físicos, químicos e biológicos, são afetados em função do tipo de uso do solo, assim como uma vez que há redução da qualidade do solo, de acordo com o seu uso intensivo, quando comparado com o Cerrado nativo.

Segundo Costa et al. (2020), a conversão do uso do solo de Cerrado nativo para usos que revolvem constantemente o solo, por exemplo o plantio convencional, são práticas que favorecem de forma negativa a qualidade do solo, alterando as diferentes formas de Carbono no solo. Além disso, a entrada e saída

de Carbono no solo, é também influenciada pelas espécies utilizadas na área (CAMPOS et al., 2011).

Vale salientar que, na região oeste da Bahia além do uso dos sistemas plantio direto e plantio convencional, o cultivo mínimo também é um sistema muito utilizado pelos agricultores. Porém, de acordo com Dadalto et al. (2015), estudando a influência dos sistemas de preparo do solo na atividade microbiana, relata que ao comparar o sistema de plantio direto, o plantio convencional e o sistema de cultivo mínimo no bioma Cerrado no estado de Minas Gerais, o sistema com cultivo mínimo, foi o sistema que apresentou menor média de COT, entre os três diferentes distintos.

2.2 Qualidade da Matéria Orgânica do Solo

A atuação da matéria orgânica, como um importante indicador da qualidade do solo, se dá devido pois seus estoques no solo proporcionam melhores condições para o cultivo de plantas, melhorando as características físicas, químicas e biológicas do solo (VARGAS et al., 2013). Dessa forma, a conservação do C no solo, quando associado a matéria orgânica, é imprescindível para assegurar a sustentabilidade agrícola, pois elevados teores de matéria orgânica no solo frequentemente promove maior produtividade da cultura e elevada efetividade no uso de nutrientes (PAUL et al., 2013).

A qualidade da matéria orgânica do solo, pode ser influenciada pelos sistemas de manejo do uso do solo. Nanzer et al. (2019), estudando o carbono orgânico total (COT), constatou que em áreas sob vegetação nativa, há um maior acúmulo de COT, quando comparado com áreas sob pastagem, seringueira, e seringueira consorciada. Evidenciando o COT presente no solo, ser um atributo favorável para avaliação da qualidade do solo.

O revolvimento exagerado do solo, pode causar uma redução de aproximadamente 30% a 44% nas taxas de C e N em solos onde há cultivo por longos períodos (SÁ., 2015; SCHWARTZ., 2015). Pegoraro et al. (2018), verificou o efeito do plantio de frutas tropicais, reduzindo a intensidade de cultivo, observando o aumento dos estoques de C em solos semi-áridos.

De acordo com Costa et al. (2021), áreas sob cultivo de hortaliças, devido a substituição de material vegetal por adubo verde e a utilização de esterco bovino, auxilia consideravelmente no fornecimento de C no sistema, verificando maior qualidade de solo nessas áreas. Ademais, Jiang et al. (2018), admite que o uso de resíduos orgânicos com baixas relações C/N, a exemplo do esterco bovino, possui maior efeito no aumento do COT ao comparar com a incorporação

de palha.

Destaca-se que, a relação C/N de um material determina a velocidade de decomposição dos resíduos orgânicos por meio dos microrganismos do solo, sejam eles incorporados ou não ao solo, sendo essa relação dependendo do material depositado ao solo. As gramíneas, possuem alta relação C/N contribuindo para o aumento do C no solo, mediante aos exsudatos radiculares (Spohn et al., 2015).

Segundo Li et al. (2016), o conteúdo de C é consequência do equilíbrio das entradas e saídas do C no solo. Neste contexto, Wesemael (2019) menciona que os solos submetidos a produção agrícola declinam elevado conteúdo de matéria orgânica devido as desproporções entre a entrada de C no sistema e o acréscimo das perdas de C por decomposição, devido as operações de revolver o solo, através por exemplo, da gradagem do solo. Portanto, dessa forma pode-se relacionar o aumento da qualidade do solo, através de manejos conservacionistas do solo e sob usos com culturas que aumentam a entrada de C no sistema, proporcionando a manutenção da MOS, visto que a MOS tem ação direta na formação e estabilização de agregados do solo, em virtude da sua organização molecular diversificada e às taxas de decomposição de suas distintas frações no solo (SCHILLER et al., 2018). Porém, é importante salientar que essas melhorias do solo, através das modificações do carbono orgânico total (COT), ocorre ao longo de longos períodos, geralmente entre três e cinco anos, após a alteração do sistema sob a área de cultivo (PRASAD et al., 2016).

Segundo Costa et al. (2021), os resíduos utilizados em áreas de cultivo, pode influenciar diretamente na dinâmica da MOS, sendo relacionado ao tipo de material vegetal que é depositado ao solo, principalmente os materiais com baixo peso molecular, sendo mais facilmente decompostos.

2.3 Indicadores de qualidade da MOS e influência das substâncias húmicas na qualidade do solo

A conversão de áreas nativas do Cerrado para o uso sob agropecuária, comprometem a qualidade do ambiente edáfico, em resultado de diferentes formas da região, fatores climáticos, tipo de solo, vegetação, forma de uso do solo e entre outros fatores (SALES et al., 2018; SOUZA et al., 2017; BARBOSA et al., 2018).

A MOS, através de processos que podem determinar o conteúdo de carbono orgânico, é considerado um dos indicadores sensíveis para verificar alterações na qualidade do solo (ASSUNÇÃO et al., 2019; BORGES et al., 2015;

ROSSET et al., 2019). Neste contexto, técnicas de realização para o fracionamento químico da MOS, é fundamental para a análise de uso do solo, pois facilmente podem verificar modificações na qualidade edáfica, independentemente do tempo (LOSS et al., 2015; ROMANIW et al., 2015).

Conforme Salton et al. (2011), a qualidade da MOS apresenta uma relação intrínseca com as diferenças e distribuição de suas frações no solo, causando efeitos divergentes nas propriedades edáficas, sendo considerado um importante indicador dos impactos do uso e dos diferentes sistemas adotados. De acordo com Costa et al. (2013), a origem do material orgânico, a sua entrada no solo, a taxa de mineralização, fatores edáficos, entre outras variáveis, possui influência direta no incremento e qualidade da MOS. Por conseguinte, a MOS é considerada como parâmetro para avaliar os sistemas de produção e sua sustentabilidade quanto a qualidade do solo (COSTA et al., 2021).

O aumento do carbono orgânico do solo, reflete na geração de cargas elétricas, as quais são indispensáveis para a retenção de nutrientes no solo, retardando a lixiviação mineral, permitindo a disponibilidade de nutrientes para as plantas, auxiliando na fertilização de solos tropicais intemperizados, sendo assim um indicador da qualidade de solo (BALDOTTO et al., 2018).

O fracionamento químico, como meio de determinação da dinâmica da MOS, contribui para o estabelecimento de sugestões de uso e de manejo que asseguram incremento no conteúdo de MOS, favorecendo as suas frações, diminuindo o impacto da agricultura sobre o ambiente, por meio do estudo do potencial de captura e armazenamento de C nos sistemas, colaborando assim para a qualidade do solo ao longo do tempo (LOSS et al., 2011; ROSSI et al., 2011).

2.4 Substâncias Húmicas

Por meio da decomposição da MOS, origina-se as substâncias húmicas (SH), através dos processos de degradação química e biológica de resíduos orgânicos e ação microbiana (ROSA et al., 2017). Sendo assim, as frações húmicas são classificadas através de classes de moléculas que apresentam alteração de cor, grau de condensação e massa molecular, possuindo anéis aromáticos e grupos funcionais com capacidade de desenvolver cargas elétricas no solo (PINHEIRO et al., 2010). Stevenson (1994), define que as SH são formadas através de diversos compostos de coloração castanha ou preta, possuindo alto peso molecular, sendo formadas por reações de sínteses secundárias bióticas e abióticas. As SH são constituídas por ácidos húmicos,

ácidos fúlvicos e humina, sendo resultante de processos bioquímicos e classificados em relação a solubilidade em meio ácido e alcalino (ROSA et al., 2009).

A pesquisa envolvendo a matéria orgânica do solo em seus diversos compartimentos, e o estudo das substâncias húmicas quando relacionadas com os diferentes manejos adotados, busca apresentar procedimentos para o uso mais sustentável dos solos, com intuito em diminuir o efeito de atividades agrícolas no meio ambiente (GIÁCOMO et al., 2008). Neste contexto, as substâncias húmicas têm atuação de aproximadamente 85 a 90% dos componentes da MOS, sendo consideradas frações extremamente dinâmicas e sensíveis às alterações ambientais. Ademais, as frações da MOS compõem um dos fundamentais compartimentos atribuídos pelo armazenamento de carbono orgânico no solo (PAULA et al., 2013).

Em ambientes naturais, a constituição das frações húmicas da MOS, está relacionada à atividade microbiana, sendo o ato de umificação, no decorrer do tempo, o efeito final do processo microbiano, sendo encontradas em diferentes fontes orgânicas, como lignita, lodo de esgoto, composto orgânico, turfa e produtos comerciais, com finalidade em estimular a absorção de nutrientes, especialmente íons catiônicos (BORCIONI et al., 2016). Além disso, as substâncias húmicas, dispõem de reguladores de crescimento de plantas, sendo atribuível a existência de fitormônios residuais disponibilizados durante o processo de umificação (BALDOTTO et al., 2018). Ainda assim, sistemas de cultivo conservacionistas, que proporcionam maior deposição de resíduos vegetal, como solos sob cultivo de banana, possibilitam maior acúmulo de C nas frações húmicas (PEGORARO et al., 2018).

De acordo com Benites et al. (2003), valores maiores de fração humina, evidencia maior retenção de água, melhor agregação do solo e maior retenção de cátions (SOUZA et al., 2003). Já as frações ácido húmico e fúlvico, quando sujeitas a processos de polimerização e mineralização, são pouco estáveis e indica maior movimentação no perfil do solo (FONTANA et al., 2006). Sendo assim, segundo Canellas et al. (2005), os ácidos húmicos são classificados como marcadores do processo de humificação e representam condições de gênese quanto também de manejo do solo.

Silva Júnior et al. (2019), estudando a matéria orgânica em diferentes sistemas de produção agrícola no Cerrado do oeste baiano, verificou que há diferença nas frações húmicas da MOS, de acordo com diferentes usos do solo. Segundo o mesmo autor, na região oeste da Bahia, analisando as frações

húmicas em diferentes microrregiões estudadas, há predomínio de 75% da fração humina, 12% de ácidos húmicos e 13% de ácido fúlvico nos solos da região.

Plantas que possuem ciclo C4, por exemplo as gramíneas, devido a deposição superficial ou renovação do sistema radicular, podem ser caracterizadas plantas eficientes em aumentar os teores de humina e ácido fúlvico no solo, quando em profundidade, esse aumento pode ser ainda mais evidente, devido o acréscimo contínuo de MO com elevada relação C/N (COUTINHO et al., 2020).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e histórico da área de estudo

Esta pesquisa foi realizada no perímetro irrigado Barreiras Norte, no município de Barreiras, na região Oeste da Bahia. Com estação chuvosa bem definida, possuindo índices pluviométricos de até 1.800 mm, conforme a figura 1 (AIBA, 2021).

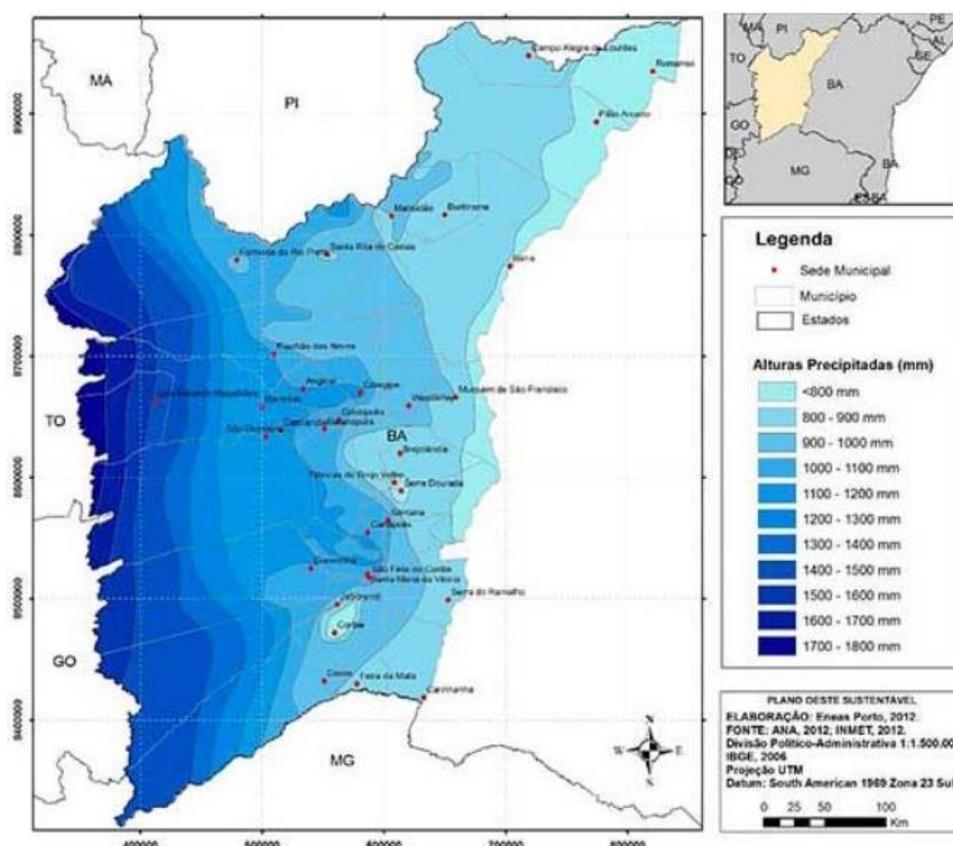


Figura 1. Distribuição pluviométrica na Região do Oeste do estado da Bahia (Fonte: AIBA, 2021).

Foram estudadas cinco áreas com diferentes formas de uso do solo, sob diferentes culturas, o qual corresponderam de área com uso sob cultivo de grandes culturas, área sob olericultura, área com plantio pastagem, área sob fruticultura e cerrado nativo, a qual a descrição das áreas está disponível na tabela 1. A classificação do solo, de acordo com SOLOS (2006), são do tipo Latossolos Vermelho.

Tabela 1. Histórico dos sistemas de uso do solo.

Sistema de uso	Descrição
Grandes culturas	Área sob as culturas de milho, algodão e feijão-caupi. Localizada na Fazenda Modelo (Figura 2). 12° 5'21.09"S, 44°55'20.46"O.
Olericultura	Área localizada na Fazenda Modelo, sob cultivo de diversas espécies olerícolas (Figura 3). 12° 5'16.38"S, 44°55'17.69"O.
Pastagem	Área sob cultivo de capim-mombaça (<i>Megathyrus maximus</i>), com presença de tráfego de bovinos (Figura 4). 12° 5'4.85"S, 44°55'18.25"O.
Fruticultura	Área localizada nas coordenadas 12° 7'1.42"S, 44°55'53.86"O. Sob cultivo de banana há doze anos (Figura 5).
Cerrado Nativo	Área de vegetação natural, caracterizada como área de reserva (Figura 6). 12° 4'1.62" S, 44°56'41.97" O.

**Figura 2.** Área sob Grandes Culturas (A, B e C). Fonte: AUTOR, 2020.

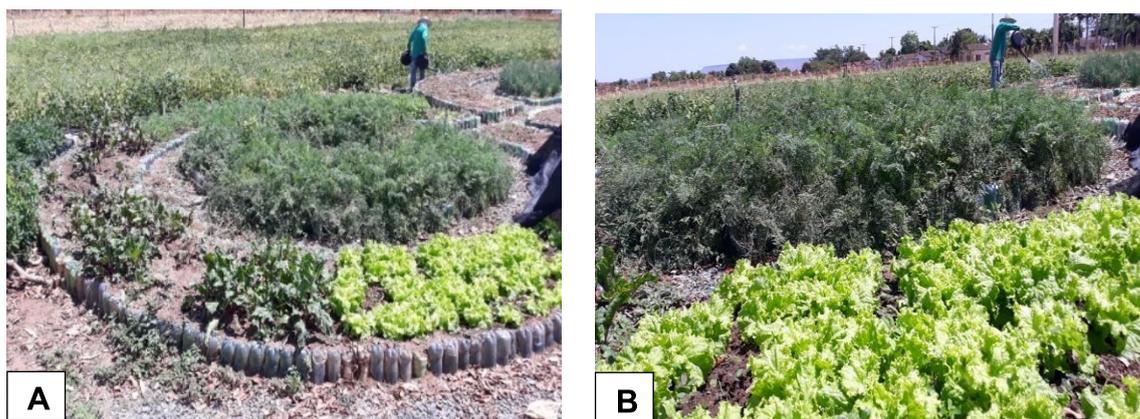


Figura 3. Área sob Olericultura (A e B), na Fazenda Modelo. Fonte: AUTOR, 2020.



Figura 4. Área sob Cultivo de Capim-mombaça (A e B). Fonte: AUTOR, 2020.



Figura 5. Área sob Cultivo de Banana há doze anos (A e B). Fonte: AUTOR, 2020.



Figura 6. Área de Cerrado Nativo (A e B). Fonte: AUTOR, 2020.

3.3 Amostragem do solo

As amostras foram realizadas selecionando treze subamostras em cada área em 5 pontos, realizando amostragem simples (subamostras) na profundidade de 0-20 cm (Figura 7A), com o auxílio do trado holandês, e em seguida as subamostras foram homogeneizadas em um balde, e realizado uma amostra composta de cada ponto, totalizando 5 amostras compostas por área, no qual armazenadas em sacos plásticos devidamente identificados com os respectivos pontos e áreas para o fracionamento químico da MOS. Em cada área, abriu-se um perfil de solo de aproximadamente 0,5 m de comprimento a 0,5 m de largura e 0,2 m de profundidade, e em cada trincheira retirou-se amostras indeformadas nas seguintes profundidades: 0-10 cm e 10-20 cm (Figura 7B), para as análises físicas do solo, de acordo com a metodologia (TEIXEIRA et. al., 2017). A amostras indeformadas foram coletadas em anéis volumétricos, devidamente identificados para a determinação da densidade do solo (D_s) das diferentes áreas de estudo (TEIXEIRA et al., 2017).



Figura 7. Coleta das subamostras (A) e amostras indeformadas (B). Fonte: AUTOR, 2020.

3.5 Análises físicas e determinação de COT, MOS, QMOS e CCeq

A densidade do solo, foi determinada pelo método do anel volumétrico descrito por Claessen et al. (1997). Portanto, as amostras indeformadas coletadas para a análise da densidade do solo, foram encaminhadas para o laboratório, onde anotou-se o volume interno do cilindro de aço, utilizado na coleta.

Em seguida, a amostra indeformada foi transferida para lata de alumínio numerada e de peso conhecido, e pesou-se o conjunto. Posteriormente, o conjunto foi transferido para estufa a 105°C e, após 48 horas, retirou-se e deixou esfriar, para depois realizar a pesagem do material seco.

Após a pesagem do material seco, realizou-se o cálculo para determinar a densidade do solo.

$$\text{Densidade aparente} \left(\frac{g}{cm^3} \right) = \frac{a}{b}$$

a = peso da amostra seca a 105°C (g)

b = volume do anel ou cilindro (cm³)

Realizou-se as análises do teor de MOS presente por meio da análise do COT, para posteriormente quantificação em t ha-1 o teor desse carbono (C) e estimar o estoque de carbono equivalente – CCEq. A metodologia e equações adotada para a realização das análises de COT, MOS, QMOS e CCEq, foi segundo a EMBRAPA (2003):

Do Carbono Orgânico Total na amostra de solo:

$$COT (\%) = \frac{Fc \times SFA \times 0,003}{s} \times 10$$

Onde:

COT: Carbono orgânico total do solo - %

Fc: Fator de conversão

SFA: Volume de sulfato ferroso amoniacal consumido na amostra – mL

s: peso da amostra de solo – g

Da matéria orgânica no solo:

$$MOS (\%) = COT \times 1,724$$

Onde:

MOS: teor de matéria orgânica do solo - %

COT: carbono orgânico total do solo - %

1,724: constante utilizada considerando que a MO com 58% de “C” Médio

Do cálculo da quantidade ou acúmulo da MOS:

$$QMOS = Ds \times h \times MOS \times 10$$

Onde:

QMOS: quantidade de MOS – t ha-1

Ds: densidade do solo – g.cm-3

h: espessura da camada de solo – cm

MOS: teor de matéria orgânica do solo – dag.kg-1 (%)

Do cálculo para créditos de carbono:

$$CCeq (t. ha - 1) = \frac{QMOS \times (0,58) \times (0,044)}{0,012}$$

Onde:

CCeq: crédito de carbono equivalente – t.ha-1

QMOS: quantidade de MOS – t.ha-1

(0,58): considera que em 100 g de MOS tem 58 g de C – adimensional

(0,044): se relaciona ao pelo molar de CO₂ – kg

(0,012): se relaciona a massa atômica do C - kg

3.6 Fracionamento das Substâncias Húmicas

O procedimento para extração, fracionamento e determinação do carbono das frações húmicas, foi realizado no laboratório de química e física do solo, do campus IX, na Universidade do Estado da Bahia (Departamento de Ciências Humanas), em Barreiras – BA. Para as análises, foi utilizado a técnica de solubilidade diferencial de acordo com a metodologia descrita por Adaptado de Benites et al. (2003). O fracionamento químico da MOS consistiu inicialmente da extração das frações ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e humina (HUM). As amostras das profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm previamente secas ao ar (TFSA) foram peneiradas em malha de 60 mesh e posteriormente pesadas 1,0 g e transferidos para tubos de centrifuga (Figura 8A). Adicionou-se 10 ml de NaOH a 0,1 mol.L⁻¹ e foram agitadas manualmente por 20 a 30 segundos. Após 24 horas de repouso (Figura 8B), foram centrifugadas a 2000 rpm durante 45 minutos.

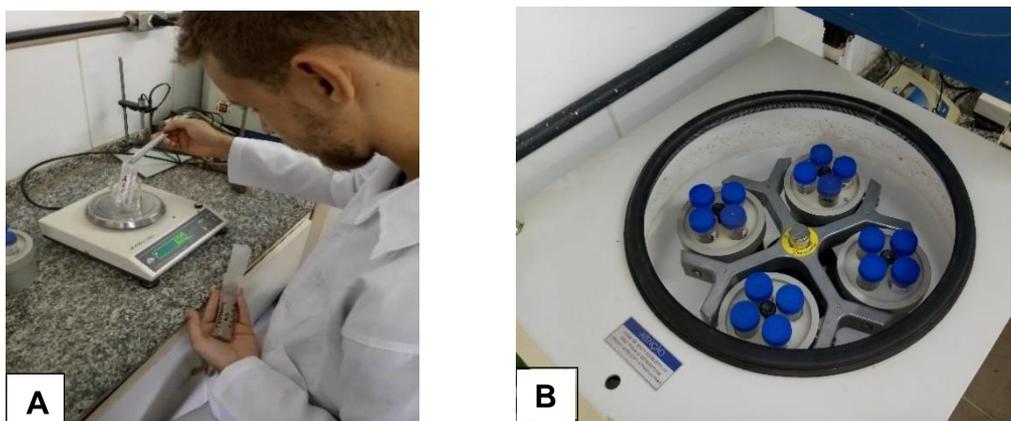


Figura 8. Pesagem de 1,0 g do material (A) e amostras em repouso por 24h (B). Fonte: AUTOR, 2020.

Após a centrifugação foram retirados dos tubos a solução sobrenadante e colocadas em copos de plásticos de 50 ml (Figura 9A), no material precipitado no fundo dos tubos foram adicionados novamente 10 ml de NaOH a $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ e deixadas em repouso por 1 hora (Figura 9B) e por fim centrifugados novamente por 45 minutos a 2000 rpm. Realizado a centrifugação recolheu o sobrenadante ao previamente reservado nos copos, e o material precipitado nos tubos foram transferidos para becker e levados a estufa por $65 \text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 3 dias que consiste na Humina.

Os sobrenadantes alcalinos (pH 13-14) reservados foram acidificados a pH 1,5 -2,0 (figura 10) com ácido sulfúrico (H_2SO_4) a 20% para o fracionamento dos ácidos fúlvicos e ácidos húmicos, baseado na solubilidade dos ácidos fúlvicos em meio alcalino e ácido e a insolubilidade do ácido húmico em soluções ácidas.

Após o ajuste do pH, as soluções foram deixadas em repouso por 18 horas para completa solubilidade dos ácidos fúlvicos e insolubilidade dos ácidos húmicos. Decorrido o período de repouso os precipitados foram vertidos em filtros de membrana de 0,45 μm sob vácuo (Figura 11). O material filtrado consiste nos ácidos fúlvicos que foram transferidos para balões volumétricos de 50 ml e completou-se o volume (Figura 12). O precipitado consiste nos ácidos húmicos, que foi dissolvido com auxílio da solução de NaOH a $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$, que também foram transferidos para balões volumétricos de 50 ml e completado seu volume.

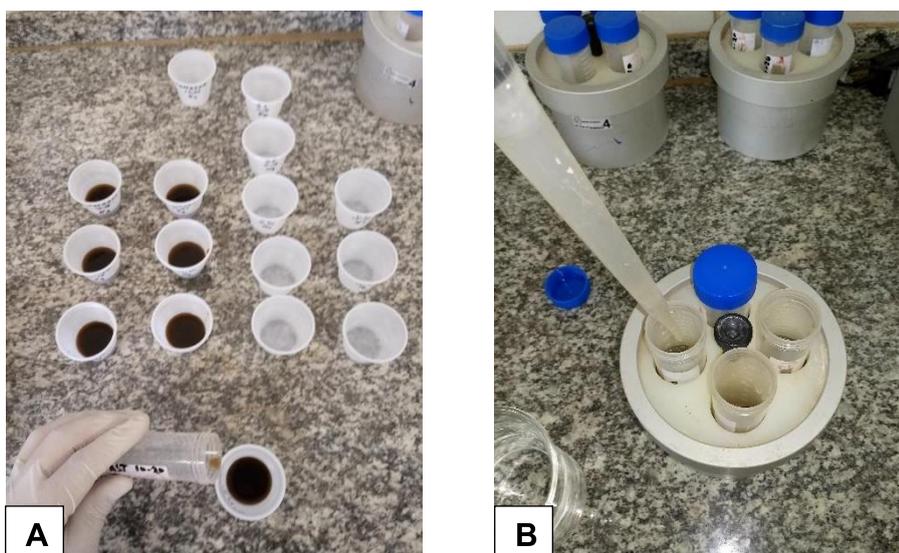


Figura 9. Coleta dos sobrenadantes (A) e adição do material acidificante (B). Fonte: AUTOR, 2020.

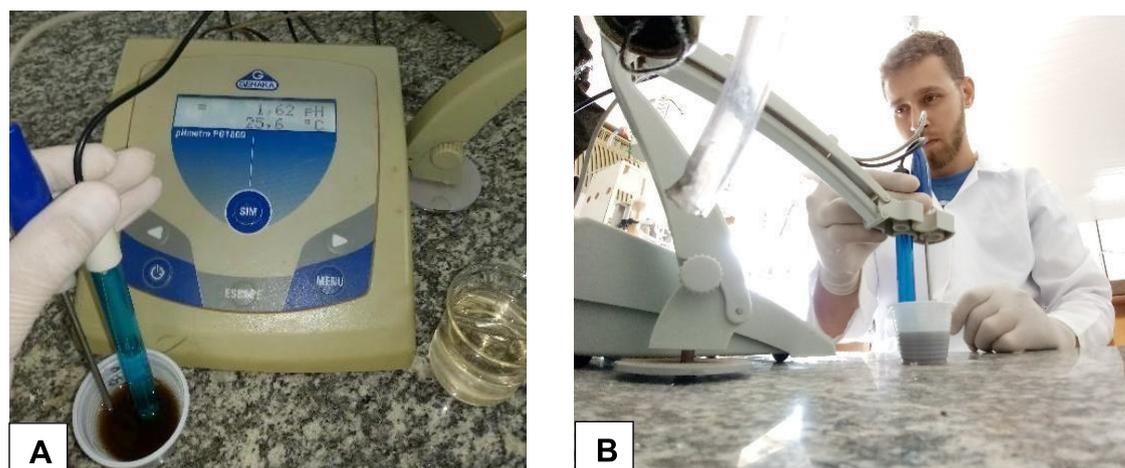


Figura 10. Acidificação dos sobrenadantes (A e B). Fonte: AUTOR, 2020.

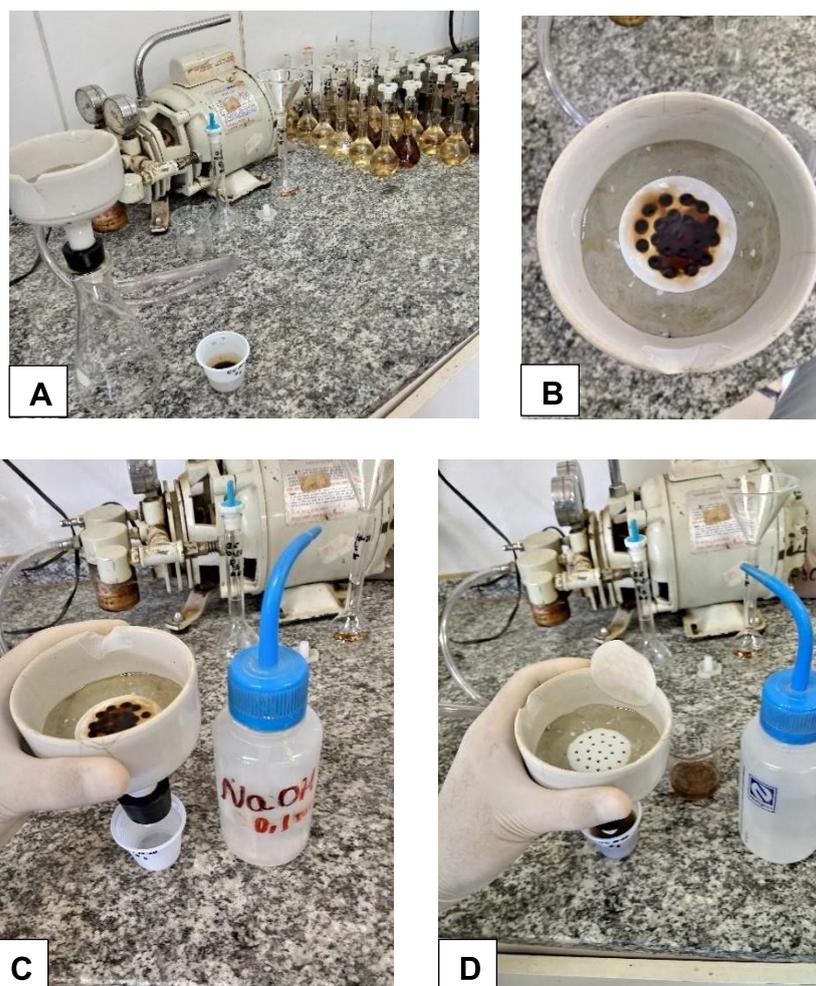


Figura 11. Processo de filtragem do material (A, B, C e D). Fonte: AUTOR, 2020.

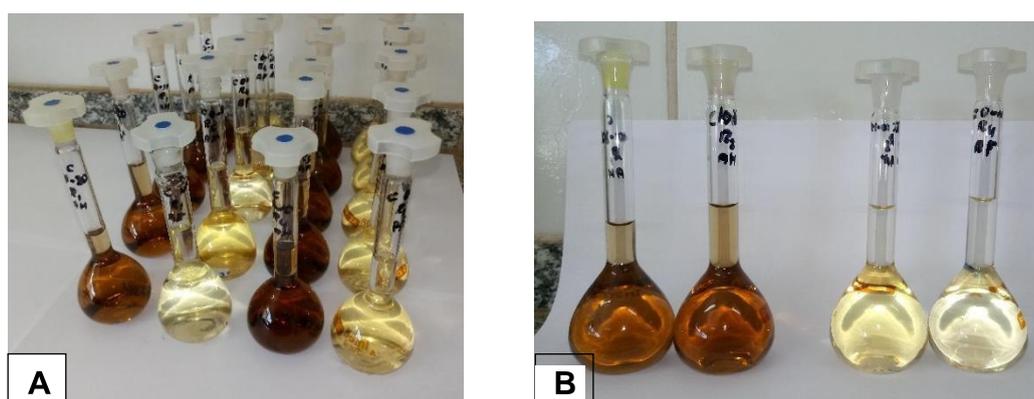


Figura 12. Balões volumétricos de 50 ml contendo o material filtrado (A) e fração ácido húmico a esquerda e fração ácido fúlvico a direita (B). Fonte: AUTOR, 2020.

3.7 Determinação do carbono nas Substâncias Húmicas

A determinação do carbono orgânico das frações AF e AH consistiram na transferência de uma alíquota de 5 ml da solução contida nos balões para os tubos do bloco digestor, com adição de 1 ml de Dicromato de Pótássio ($K_2Cr_2O_7$) a $0,042 \text{ mol.L}^{-1}$ e 5 ml de ácido sulfúrico concentrado (Figura 13), e em 4 tubos para prova em branco foram adicionados 5 ml de água destilada, 1 ml de Dicromato de Potássio ($K_2Cr_2O_7$) a $0,042 \text{ mol.L}^{-1}$ e 5 ml de ácido sulfúrico, posteriormente colocou-se os tubos com amostras e 2 provas em branco (branco aquecido) no bloco digestor previamente aquecido a $150 \text{ }^\circ\text{C}$ e 2 provas fora do bloco digestor (branco não aquecido).

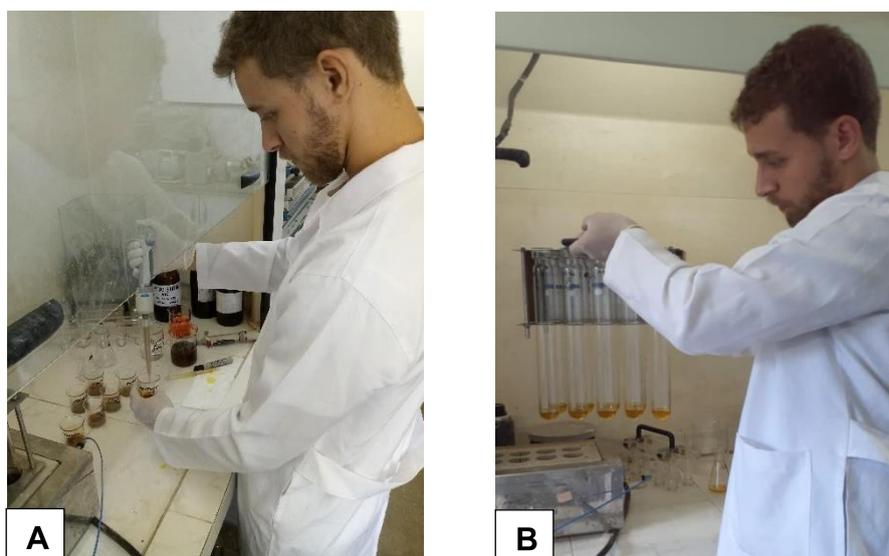


Figura 13. Adição de soluções (A) e material no bloco digestor (B). Fonte: AUTOR, 2020.

Após 30 minutos de digestão, as amostras foram retiradas do bloco digestor e deixadas esfriar. Em seguida, transferiu o conteúdo para erlenmeyer de 125 ml, completou o volume para 50 ml com água destilada e adicionou 3 gotas do indicador Ferroin a $0,025 \text{ M}$. Posteriormente realizou-se a titulação com sulfato ferroso amoniacal (SFA) a $0,0125 \text{ mol.L}^{-1}$ (Figura 14).



Figura 14. Antes da titulação (A) e após a titulação (B). Fonte: AUTOR, 2020.

Com o volume gasto de sulfato ferroso amoniacal em cada amostra e provas em branco, fez-se o seguinte cálculo:

$$C_{AF, AH} = (V_{baq} - V_{amostra}) \times N_{SFAcorr} \times 12/4 \times 50/\text{alíquota} \times 1/\text{peso amostra (g)}$$

Onde:

$C_{AF, AH}$ mg/g = Carbono nas frações AF e AH (mg.g^{-1});

V_{baq} = Volume de titulante gasto no branco aquecido (ml); $V_{amostra}$ = Volume de titulante gasto na amostra (ml);

$N_{SFAcorr}$ = Normalidade do SFA corrigido:

$$N_{SFAcorr} = \frac{\text{Vol. de dicromato} \times \text{Normalidade do dicromato}}{\text{Vol. de SFA gasto no branco sem aquecimento}}$$

Para a determinação do carbono presente na fração humina, após o material precipitado secos em estufa a 65 °C contido nos beckers, e aguardado o resfriamento do material em dessecador, os beckers contendo os precipitados, foram pesados em balança semi analítica e anotado os valores do conjunto (Figura 15A). Em seguida, os beckers foram transferidos para a capela de exaustão e adicionou-se 5 ml de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ a 0,167 mol.L^{-1} e 10 ml de ácido sulfúrico concentrado em cada becker contendo o material e posteriormente a

dissolução do precipitado (Figura 15B e C), o mesmo foi vertido nos tubos do bloco digestor. Foram realizadas provas em branco. Após a digestão por 30 minutos no bloco digestor pré-aquecido a 150 °C, realizou-se a titulação, colocando o material digerido em erlenmeyer de 250 ml, completando o volume de 50 ml com água destilada e 3 gotas do indicador Ferroin a 0,025 mol.L⁻¹, titulando com sulfato ferroso amoniacal a 0,25 mol.L⁻¹, observando o ponto de viragem do laranja-amarelado para o vinho. Posteriormente, os becker foram lavados, secados em estufa e em seguida foram pesados novamente em balança semi-analítica, por diferença entre o peso do conjunto, determinar o peso da fração humina de cada amostra.

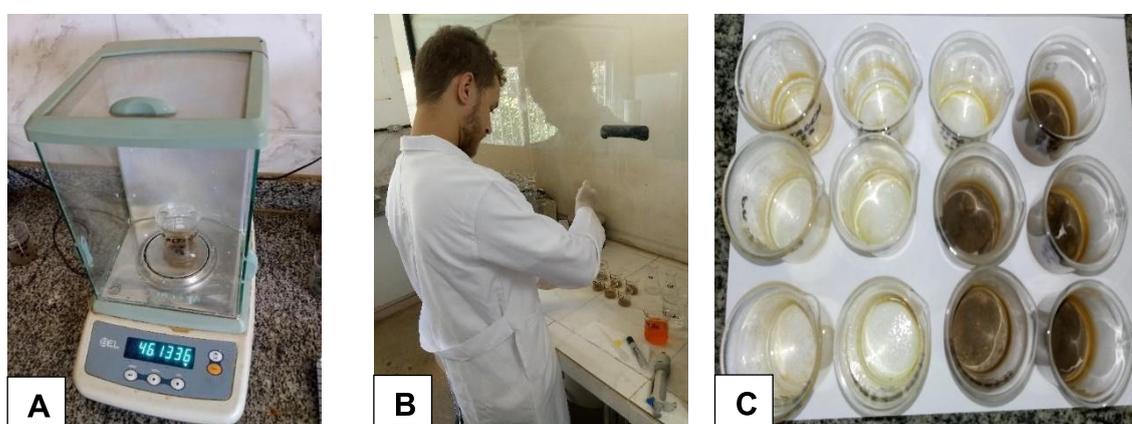


Figura 15. Amostras pesadas em balança analítica (A), adição dos reagentes nos beckers (B) e diferença entre após a dissolução do material e antes da dissolução (C). Fonte: AUTOR, 2020.

Com o volume gasto de sulfato ferroso amoniacal em cada amostra e nas provas em branco, fez-se o seguinte cálculo:

$$C_{\text{HUMINA}} = (V_{\text{baq}} - V_{\text{amostra}}) \times N_{\text{SFACorr}} \times 12/4 \times 1/\text{peso amostra (g)}$$

Onde:

C_{HUMINA} mg/g = Carbono na fração humina (mg.g⁻¹);

V_{baq} = Volume de titulante gasto no branco aquecido (ml);

V_{amostra} = Volume de titulante gasto na amostra (ml);

N_{SFACorr} = Normalidade do SFA corrigido:

$N_{\text{SFACorr}} = \frac{\text{Vol. de dicromato} \times \text{Normalidade do dicromato}}{\text{Vol. de SFA gasto no branco sem aquecimento}}$

Vol. de SFA gasto no branco sem aquecimento

3.5 Análise dos dados

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, através da análise de variância e as médias foram comparadas entre si utilizando-se o teste de Tukey ao nível de 5% e 1% de probabilidade, e foram obtidos com o auxílio do software AgroEstat.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram significativos para a Ds, COT, MOS, QMOS e CCeq, ao comparar os dados das áreas em estudo, de acordo com os diferentes usos do solo, como mostra na tabela 1.

Tabela 1. Comparação das médias de atributos quantitativos da MOS em diferentes formas de uso do solo, na Região do Perímetro Irrigado Barreiras Norte.

Tratamentos	Ds	COT (g/kg)	MOS (%)	QMOS (t ha ⁻¹)	CCeq (t ha ⁻¹)
Pastagem	1,715 a	9,686 c	1,670 c	28,483 c	60,572 c
Fruticultura	1,635 b	15,738 a	2,715 a	44,375 a	94,372 a
Cerrado Nativo	1,520 c	6,035 d	1,041 d	15,910 e	33,837 e
Olericultura	1,345 d	13,593 b	2,342 b	31,229 b	66,414 b
Grandes Culturas	1,340 d	9,380 c	1,617 c	21,490 d	45,702 d
CV (%)	3,29	6,39	6,34	6,10	6,10

Ds – Densidade do Solo; **COT** – Carbono Orgânico Total; **MOS** – Matéria Orgânica do Solo; **QMOS** – Quantidade de Matéria Orgânica do Solo; **CCeq** – Crédito de Carbono Equivalente. **Grandes Culturas** – Feijão-caupi, algodão e milho. **Fruticultura** – Banana. As médias seguidas por letras distintas diferem entre si na coluna a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Ocorreu um aumento da densidade do solo na área de pastagem irrigada, provavelmente decorrente do tráfego dos animais no local, refletindo em um solo mau estruturado (MELLONI et al., 2008). Em decorrência, a quantidade de MOS foi menor na área com pastagem, ao comparar com a área de fruticultura, onde há cultivo contínuo de banana há 12 anos, isso provavelmente pela deposição no solo, da grande quantidade de resíduos da cultura, favorecendo um elevado nível de MOS.

De acordo com Santos et al. (2010), o pisoteio animal pode propiciar alterações nas características físicas do solo, por exemplo aumentando a densidade do solo, alterando a estabilidade dos agregados, reduzindo a porosidade total e macroporosidade, devido ao uso permanente dos animais nas áreas de pastejo, sendo esse efeito negativo no solo, potencializado nos períodos de maior umidade.

Analisando a tabela 1, observa-se que na área de fruticultura, houve maior teor de COT (g/kg), MOS (%), QMOS (t ha⁻¹), CCeq (t ha⁻¹). O acréscimo que obteve de COT na área com fruticultura, ao comparar com Cerrado nativo, foi de 160,78%. Segundo Guimarães et al. (2014), ao comparar os teores de COT em solos de mata nativa, em relação a solos com cultivo irrigado de banana perene,

houve um aumento aproximadamente de 14% no teor de COT, na camada superficial de 0-20 cm. Os níveis de carbono no solo nativo não caracterizam obrigatoriamente um limite elevado nos estoques de carbono (C) do solo. Sendo os níveis mais superiores de C no solo cultivado com banana, estimadas evidências de que os níveis de C em ecossistemas agrícolas de manejo intensivo podem ultrapassar aqueles em condições nativas. Silva Júnior (2019), ao comparar o Cerrado nativo com diferentes manejos agrícolas, relata que não houve diferença dos atributos quantitativos da MOS (COT, QMOS e CCeq), sendo assim revelando o quanto as áreas naturais estão pobres em MOS, o mesmo autor propõe a sugestão dos produtores a utilizarem manejos que proporcionam o aumento da MOS na região.

Ao verificar os dados da tabela 1, percebe-se que a área com pastagem obteve um maior COT, comparando com o cerrado nativo. Isso pode estar relacionado possivelmente com a irrigação, pois na área havia maior deposição de material de cobertura e resíduos dos animais, enquanto nas áreas de cerrado nativo, apresentava pouca serrapilheira, facilmente decomposta nas condições de ambientes expostas. Pulrolnik et al. (2009), também observaram que a pastagem apresentou maior teor de COT quando comparado com o cerrado, sendo assim, apesar de estar em condições diferentes, obteve uma mesma resposta. De acordo com Roscoe et al. (2006), a pastagem tem potencial de promover a manutenção dos estoques de MOS, e quando adotado um manejo adequado, por exemplo cultivo mínimo, plantio direto, proteção de solo, dentre outras práticas, têm a capacidade de permitir que o estoque de carbono (C) no solo seja superior ao que pode ser observado sob a vegetação nativa.

Os resultados das análises das frações húmicas, estão apresentados na tabela 2, onde verificou-se que houve diferenças estatísticas, do fracionamento químico da MOS, no uso do solo.

Tabela 2. Comparação das médias das diferentes dos teores de carbono nas diferentes frações húmicas na camada de 0-20 cm do solo.

Tratamentos	Carbono nas Frações Húmicas		
	Humina (g/kg)	Ácido Húmico (g/kg)	Ácido Fúlvico (g/kg)
Pastagem	5,736 c	1,363 c	0,893 ab
Fruticultura	10,236 a	2,130 a	1,237 a
Cerrado Nativo	4,620 d	1,097 c	0,663 b
Olericultura	8,272 b	2,006 ab	0,945 ab
Grandes Culturas	5,041 cd	1,489 bc	0,841 ab
CV (%)	11,05	29,08	37,06

As médias seguidas por letras distintas diferem entre si na coluna a 0,1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A área de fruticultura, sob cultivo de banana há 12 anos, apresenta maior teor da fração humina no solo, superiores as demais áreas do estudo. Em relação a fração ácido húmico, a área sob fruticultura apresenta maiores teores, quando comparado a área de cerrado nativo. E em todas as áreas, entre as frações húmicas, verificou-se predomínio da fração humina. Em outros estudos, também se observou o predomínio, em solos tropicais, do carbono da fração humina, quando comparado com as outras frações (CONTEH e BLAIR, 1998; ASSIS et al., 2006). A humina, é a fração húmica mais desenvolvida e resistente à degradação microbiana, é relatada com alto teor de combinação à fração mineral do solo (STEVENSON, 1994; SPARKS, 2001).

Os resultados desse estudo corroboram com os encontrados por Silva et al. (2011), onde relatou que em áreas com cultivo de bananeira, houve valores mais elevados de ácido húmico (AH). Isso pode estar relacionado pela quantidade de resíduos que a cultura deposita no solo e pelo tempo de cultivo no mesmo local, favorecendo um aumento dos teores de MOS e suas frações húmicas. Silva Júnior (2019) destaca que na região oeste da Bahia, quanto maior a disponibilidade de MOS nas propriedades da região, utilizando algum tipo de manejo adequado do solo, proporcionando assim melhores condições de estrutura do solo e acréscimo das frações húmicas, maiores serão os incrementos de carbono fixado no solo. Segundo Caron et al. (2015), os ácidos húmicos e fúlvicos são as frações húmicas mais importantes, pois possuem uma maior reatividade e capacidade de complexar certos metais, apresentando maior relação com a CTC do solo, contribuindo com a disponibilidade de nutrientes na

solução do solo, e conseqüentemente, a melhoria da qualidade do solo, característica principalmente específica dos ácidos fúlvicos.

A área sob fruticultura apresenta alto teor da fração ácido fúlvico (AF), quando comparado com o cerrado nativo. De acordo com Canellas et al. (2005), os manejos agrícolas que promovem aumento nos valores de AH e AF, caracteriza em melhorias da MOS, principalmente quando há alto teor da fração fúlvica, pois essa fração possui maior capacidade de troca catiônica, quando comparado com a fração humina e a fração húmica.

Entre as frações das substâncias húmicas, a fração que prevaleceu nos solos sob os diferentes cultivos, foi a humina, seguida da fração húmica e fração fúlvica. Segundo Fontana et al. (2006), as frações ácidos fúlvicos e frações ácidos húmicos, devido apresentarem menor estabilidade, podem ser translocadas para camadas subsuperficiais, serem polimerizadas ou mineralizadas, diminuindo seu teor residual no solo.

5 CONCLUSÃO

1. O cultivo de bananeira proporciona elevado acúmulo de MOS e carbono em todas as frações das substâncias húmicas, promovendo a qualidade do solo, bem como a cultura possui potencial de sequestro de carbono, sendo a área que apresentou maior teor de fixação de carbono no solo.

2. Foram observados maiores estoques de C em áreas sob cultivo de banana.

3. A área sob fruticultura, é a área que apresenta maior quantidade de COT e QMOS, com 15,74 g/kg de solo e 44,37 t ha⁻¹, respectivamente, quando comparado a área sob Cerrado nativo.

4. O acréscimo de COT no solo na área sob cultivo de banana, foi de 160,78%, em relação ao solo de mata nativa.

5. Quando comparado as frações húmicas, a área que apresenta maior quantidade de carbono na fração humina, fração húmica e fúlvica, também é a área sob fruticultura, com os valores de 10,23 g/kg, 2,13 g/kg, 1,24 g/kg, respectivamente.

6. Entre a área sob olericultura, pastagem, grandes culturas e cerrado, não houve diferença significativa quando comparado a fração ácido fúlvico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIBA, 2021. **Região Oeste**. Disponível em < <http://aiba.org.br/regiao-oeste/> > Acesso em: 10 de maio de 2021.

ASSIS, C.P.; JUCKSCH, I.; SÁ MENDONÇA, E.; NEVES, J.C.L. Carbono e nitrogênio em agregados de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1541-1550, 2006.

ASSUNÇÃO, S. A.; PEREIRA, M. G.; ROSSET, J. S.; BERBARA, R. L. L.; GARCÍA, A. C.. Carbon input and the structural quality of soil organic matter as a function of agricultural management in a tropical climate region of Brazil. **Science of the Total Environment**, v.658, p.901-911, 2019.

ARAÚJO, Ricardo; GOEDERT, Wenceslau J.; LACERDA, Marilusa Pinto Coelho. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 31, n. 5, p. 1099-1108, 2007.

BALDOTTO, Marihus Altoé; BALDOTTO, Lílian Estrela Borges. Relationships between soil quality indicators, redox properties, and bioactivity of humic substances of soils under integrated farming, livestock, and forestry. **Revista Ceres**, v. 65, n. 4, p. 373-380, 2018.

BARBOSA, E. A. A.; MATSURA, E. E.; SANTOS, L. N. S.; NAZÁRIO, A. A.; GONÇALVES, I. Z.; FEITOSA, D. R. C.. Soil attributes and quality under treated domestic sewage irrigation in sugarcane. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.2, p.137-142, 2018.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.599-607, 2000.

BENITES, Vinicius M.; MADARI, B.; MACHADO, PLO de A. Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo. **Embrapa Solos-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2003.

BORGES, S. C.; RIBEIRO, B. T.; WENDLING, B.; CABRAL, D. A. Agregação do solo, carbono orgânico e emissão de CO₂ em áreas sob diferentes usos no Cerrado, região do Triângulo Mineiro. **Revista Ambiente & Água**, v.10, n.3, p.661-675, 2015.

BORCIONI, E.; MÓGOR, Á. F.; PINTO, F. Aplicação de ácido fúlvico em mudas influenciando o crescimento radicular e produtividade de alface americana. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 509-515, 2016.

BOLFE, E. L. et al. MATOPIBA: análise do uso da terra e a produção agrícola. In: **Área de Informação da Sede-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18., 2017, Santos. Anais... Santos: Inpe, 2017., 2017.

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.

CANELLAS, L.P. et al. Reações da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A. et al. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.45-61.

CANELLAS, L. P.; BUSATO, J. G.; CAUME, D. J. O uso e o manejo da matéria orgânica humificada sob a perspectiva da agroecologia. In: CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. (Ed). **Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas**. Rio de Janeiro: UENF, 2005. p. 244-267.

CARON, Vanessa Cristina; GRAÇAS, Jonathas Pereira; CASTRO, P. R. C. **Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2015.

CLAESSEN, Marie Elisabeth Christine. Manual de métodos de análise de solo. **Embrapa Solos-Documents (INFOTECA-E)**, 1997.

CONTEH, A.; BLAIR, G.J. The distribution and relative losses of soil organic carbon fractions in aggregate size fractions from cracking clay soils (vertisols) under cotton production. **Australian Journal of Soil Research**, v.36, p.257-271, 1998.

COSTA, Adilson A. et al. Fracionamento físico do carbono orgânico em áreas sob diferentes usos do solo no Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 8, p. 534-540, 2020.

COSTA, Tancio Gutier Ailan et al. Influence of management on maintenance and dynamics of carbon in the soil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 1, p. 11-22, 2021.

COSTA, E. M.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia/GO, v. 9, n. 17, p. 1843-1860, 2013.

COUTINHO, Fernando Silva et al. Soil quality indicators in areas with different vegetation cover in the Atlantic Forest biome, Southeastern Brazil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 7, p. 1-15, 2020.

DADALTO, Juliana P. et al. Sistema de preparo do solo e sua influência na atividade microbiana. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 3, p. 506-513, 2015.

DOS SANTOS, Crislaine Aparecida Pereira; SANO, Edson Eyji; SANTOS, Pablo Santana. Fronteira Agrícola e a Dinâmica de uso e Ocupação dos solos no Oeste da Bahia. **Acta Geográfica**, v. 12, n. 28, p. 17-32, 2018.

EMBRAPA SOLOS, **Extração e Fracionamento Quantitativo de Substâncias Húmicas do Solo: um Procedimento Simplificado de Baixo Custo**. Benites, V. M.; MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. de A.; Comunicado Técnico 16. ISSN 1517-5685, Rio de Janeiro, RJ. Outubro 2003.

FONTANA, A.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; CUNHA, T. J. F.; SALTON, J. C. Atributos de fertilidade e frações húmicas de um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 847-853, 2006.

GIÁCOMO, R. G.; PEREIRA, M. G.; BALIEIRO, F. C. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição das frações húmicas no solo sob diferentes coberturas florestais. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, n.1, p.42-48, 2008.

GUIMARÃES, Danielle V.; GONZAGA, Maria IS; MELO NETO, José de O. Manejo da matéria orgânica do solo e estoques de carbono em cultivos de frutas tropicais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 301-306, 2014.

JIANG, G.; ZHANG, W.; XU, M.; KUZYAKOV, Y.; ZHANG, X.; WANG, J.; DI, J.; MURPHY, D. V.. Manure and mineral fertilizers Effects on crop yield and soil carbon sequestration: a meta-analysis and modeling Across China. **Global Biogeochemical Cycles**, v.32, p.1659-1672, 2018.

KHORRAMDEL, S.; KOOCHKEKI, A.; MAHALLATI, M.N.; KHORASANI, R.; GHORBANI, R. Evaluation of carbon sequestration potential in corn fields with different management systems. **Soil & Tillage Research**, v.133, p.25-31, 2013.

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

LI, L. J.; BURGER, M.; DU, S. L.; ZOU, W. X.; VOCE, W. Y.; HAO, X. X.; LU, X. C.; ZHENG, L.; HAN, X. Z. Change in soil organic carbon between 1981 and 2011 on agricultural land in Heilongjiang Province, northeastern China. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.96, p.1275-1283, 2016.

LIU, X.B.; HAN, X.Z.; HERBERT, S.J.; XING, B. Dynamics of soil organic carbono under different agricultural management system in the black soil of China. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.34, p.973-984, 2003.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; BEUTLER, S.J.; FERREIRA, E.P.; SILVA, E.M.R. Oxidizable organic carbono fractions and soil aggregation in areas under diferent organic production systems in Rio de Janeiro, Brazil. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.14, n.2, p.699-708, 2011.

LOSS, A.; BASSO, A.; OLIVEIRA, B. S.; KOUCHER, L. P.; OLIVEIRA, R. A.; KURTZ, C.; COMIN, J. J. Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n.4, p.1212-1224, 2015.

MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; ALVARENGA, M. I. N.; VIEIRA, F. B. M. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2461-2470, 2008.

NASCIMENTO, P. C.; LANI, J. L.; MENDONÇA, E. S.; ZOFFOLI, H. J. O.; PEIXOTO, H. T. M. Teores e características da matéria orgânica de solos hidromórficos do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 1, p. 339-348, 2010.

NANZER, Marina Chiquito et al. Estoque de carbono orgânico total e fracionamento granulométrico da matéria orgânica em sistemas de uso do solo no Cerrado. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 1, p. 136-145, 2019.

PAULA, R. R.; PEREIRA, M. G.; MACHADO, D. L. Atributos químicos e matéria orgânica em complexos florestais periodicamente inundados na Restinga da Marambaia (RJ). **Ciência Florestal**, v.23, p.529-538, 2013.

PEGORARO, Rodinei Facco et al. Carbon and nitrogen stocks in the soil and humic substances of agricultural crops in the semi-arid region. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 49, n. 4, p. 574-583, 2018.

PINHEIRO, G. L.; SILVA, C. A.; FURTINI NETO, A. E. Crescimento e nutrição de clone de Eucalipto em resposta à aplicação de concentrações de C-ácido húmico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, p. 1217-1229, 2010.

PRASAD, J. V. N. S.; SRINIVASA, R. A. O.; SRINIVAS, K.; NAGA JYOTHI, C. H.; VENKATESWARLU, B.; RAMACHANDRAPPA, B. K.; DHANAPAL, G. N.; RAVICHANDRA, K.; MISHRA, P. K.. Effect of ten years of reduced tillage and recycling of organic matter on crop yields, soil organic carbon and its fractions in Alfisols of semi arid tropics of southern India. **Soil and Tillage Research**, v.156, p.131-139, 2016.

PRIMO, Dário Costa; MENEZES, Rômulo Cezar; SILVA, Tácio Oliveira. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Scientia Plena**, v. 7, n. 5, 2011.

PULROLNIK, K.; BARROS, N. F.; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F.; BRANDANI, C. B. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e Cerrado no vale do Jequitinhonha - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 3, p. 1125-1136, 2009.

RESCK, Dimas Vital Siqueira; PEREIRA, J.; DA SILVA, J. E. Dinâmica da matéria orgânica na região dos cerrados. **Embrapa Cerrados-Documentos (INFOTECA-E)**, 1991.

ROESCH-MCNALLY, GE; ARBUCKLE, JG; TYNDALL, JC Barreiras à implementação de estratégias agrícolas resilientes ao clima: O caso da diversificação de culturas no Cinturão do Milho dos EUA. **Global Environmental Change**, v.48, p.206-215, 2018.

ROMANIW, J.; SÁ, J. C. M.; PADILHA, A. A.; RAMOS, F. S.; EURICH, G.; BRESSAN, P. T. Carbon dynamics in no-till soil due to the use of industrial

organic waste and mineral fertilizer. **Revista Ciência Agronômica**, v.46, n.3, p.477-487, 2015.

ROSA, C. M.; CASTILHOS, R. M. V.; VAHL, L. C.; CASTILHOS, D. D.; PINTO, L. F. S.; OLIVEIRA, E. S.; LEAL, O. A. Efeito de substâncias húmicas na cinética de absorção de potássio, crescimento de plantas e concentração de nutrientes em *Phaseolus vulgaris* L. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 959-967, 2009.

ROSA, D. M.; NÓBREGA, L. H. P.; MAULI, M. M.; LIMA, G. P.; PACHECO, F. P. Substâncias húmicas do solo cultivado com plantas de cobertura em rotação com milho e soja. *Revista Ciência Agronômica*, v. 48, n. 2, p. 221-230, 2017.

ROSCOE, R.; BODDEY, R. M.; SALTON, J. C. Sistemas de manejo e matéria orgânica do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C., orgs. Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: Modelagem matemática e métodos auxiliares. Dourados, **Embrapa Agropecuária Oeste**, p.17-41, 2006.

ROSSET, J. S.; LANA, M. C.; PEREIRA, M. G.; SCHIAVO, J. A.; RAMPIM, L.; SARTO, M. V. M.. Organic matter and soil aggregation in agricultural systems with different adoption times. **Semina: Ciências Agrárias**, v.40, n.6, p.3443-3460, 2019.

ROSSI, C.Q.; PEREIRA, M.G.; GIACOMO, S.G.; BETTA, M.; POLIDORO, J.C. Frações húmicas da matéria orgânica do solo cultivado com soja sobre palhada de braquiária e sorgo. **Bragantia**, v.70, n.3, p.622-630, 2011.

SANO, Edson Eyji et al. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 43, n. 1, p. 153-156, 2008.

SALES, A.; SILVA, A. R.; VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M.; MIRANDA, B. M.. Carbono orgânico e atributos físicos do solo sob manejo agropecuário sustentável na Amazônia Legal. **Colloquium Agrariae**, v.14, n.1, p.1-15, 2018.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BEYER, 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.13491356, 2011.

SANTOS, Jussara Telma dos et al. Atributos físicos e químicos do solo de Áreas sob Pastejo na Micro Região do Brejo Paraibano. **Ciência Rural**, v. 40, n. 12, p. 2486-2492, 2010.

SCHILLER, A. P.; MANFRIN, J.; ECKHARDT, D. C. S.; SEIDEL, E. P.; LANA, M. C.; GONÇALVES, J. R. A. C.; SAMPAIO, M. C.; REGO, C. A. R. M. Stability of Aggregates and the Processes that Help in Their Formation and Stabilization. **International Journal of Plant & Soil Science**, v.22, n.5, p.1-14, 2018.

SILVA JÚNIOR, Jorge da et al. Matéria orgânica do solo em sistemas de produção agrícola e cerrado do oeste baiano. 2019.

SILVA, JOYCE REIS et al. Frações da matéria orgânica do solo em diferentes cultivos irrigados no Submédio São Francisco. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas**: anais. Uberlândia: SBCS: UFU: ICIAG, 2011., 2011.

SOLOS, Embrapa. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2006.

SOUZA, W.J.O.; MELO, W.J. Matéria orgânica de um Latossolo submetido a diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 1113-1122, 2003.

SOUZA, R. P. B.; FREITAS, M. A. M.; COSTA, M. P.; PEREIRA, L. F.; GOMES, J. V. A.. Impact of anthropic action on physical attributes of the soil in different physiology of Cerrado. **Multi-Science Journal**, v.1, n.9, p.28-32, 2017.

SPARKS, D.L. Elucidating the fundamental chemistry of soils: Past and recent achievements and future frontiers. **Geoderma**, v.100, p.303-319, 2001.

SPOHN, Marie. Microbial respiration per unit microbial biomass depends on litter layer carbon-to-nitrogen ratio. **Biogeosciences**, v. 12, n. 3, p. 817-823, 2015.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. New York: J. Wiley, 1994. 496p.

TEIXEIRA, Paulo César et al. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, Embrapa. 573p, 2017.

WESEMAEL, B.; CHARTIN, C.; WIESMEIER, M.; VON LÜTZOW, M.; HOBLEY, E.; CARNOL, M.; KÖGEL-Knabner, I. Um indicador da dinâmica da matéria orgânica em solos agrícolas temperados. **Agricultura, Ecosystemas e Meio Ambiente**, v.274, p.62-75, 2019.