



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

**FERTILIDADE, ESTOQUE DE CARBONO E ATRIBUTOS FÍSICOS DO
SOLO EM ÁREAS SOB DIFERENTES USOS NO CERRADO**

RENATA CONRADO PEREIRA

BARREIRAS-BA

Novembro, 2023

RENATA CONRADO PEREIRA

**FERTILIDADE, ESTOQUE DE CARBONO E ATRIBUTOS FÍSICOS DO
SOLO EM ÁREAS SOB DIFERENTES USOS NO CERRADO**

Monografia apresentada ao Colegiado de Engenharia Agrônoma da Universidade do Estado da Bahia – UNEB – Campus IX, como requisito parcial para Conclusão do Curso de Engenharia Agrônoma.

Orientador: Dr. Adilson Alves Costa

BARREIRAS-BA

Novembro, 2023

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**FERTILIDADE, ESTOQUE DE CARBONO E ATRIBUTOS
FÍSICOS DO SOLO EM ÁREAS SOB DIFERENTES USOS NO
CERRADO**

AUTORA: RENATA CONRADO PEREIRA

ORIENTADOR: Dr. ADILSON ALVES COSTA

Banca Examinadora:

Adilson Alves Costa

Orientador: Dr. Adilson Alves Costa. (UNEB)
(orientador)

Leandra Brito de Oliveira

Prof. Dra. Leandra Brito de Oliveira. (UNEB)
(examinador interno 1)

Uldérico Rios Oliveira

Prof. Me. Uldérico Rios Oliveira. (UEG)
(examinador externo 2)

Data de realização 25 / 11 / 2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me guiado, me abençoado e me concedido paciência e perseverança diante de todos os desafios nessa jornada da minha graduação.

Aos meus pais, Ronilma e Romes, pois sem eles não seria possível chegar até aqui. Por sempre acreditarem no meu potencial, me apoiarem em todas as minhas decisões e não medirem esforços para me ajudar.

A todos os meus familiares, em especial minha avó Tina, que sempre me acolheu com todo amor e carinho, buscando várias formas de me ajudar nesse período.

Ao meu namorado Gabriel, pelo companheirismo, paciência e incentivo.

Ao meu orientador Dr. Adilson Alves Costa pela orientação, disposição e dedicação e todos os ensinamentos durante a execução desse TCC.

Aos meus amigos, Daniel, Marilucia, Naiane, Naiara e Rillary, por todos os momentos vividos, pelas conversas e risadas, que fizeram essa jornada ser mais leve.

À Universidade do Estado da Bahia e ao Programa Afirmativa da UNEB pela disponibilidade da bolsa para a realização da pesquisa e a todos os professores que contribuíram na minha formação.

Gratidão a todos!!!

RESUMO

Atualmente, o Cerrado se apresenta como um dos biomas mais importantes para a produção agropecuária. No entanto, o aumento das atividades antrópicas através do uso do solo, provocam modificações nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Nesse contexto, o trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes usos do solo sobre a fertilidade, estoque de carbono e atributos físicos do solo no Cerrado da Bahia. Foram selecionadas cinco áreas: Área de Mandioca (AMA), Área de Pinhão Manso (PIN), Área de Tomate (TOM), Área sob sistemas florestais (SAF's) e Área de Cerrado Nativo (ACN). Amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm para a avaliação dos teores de carbono orgânico total (COT), estoques de carbono (EstCOT), fertilidade do solo (Ca, Mg, K, P, H, Al e pH), e atributos físicos do solo (granulometria, densidade, porosidade total, macro e microporos). Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ACN obteve teores baixos de Ca^{2+} e teores muito baixos de P em todas as profundidades. AMA apresentou maior média de Pt, não diferindo entre TOM. Os maiores valores de macroporosidade foram em ACN e AMA não diferindo entre PIN, já os menores valores foram em TOM que também não diferiu entre PIN. A microporosidade apresentou valores maiores em TOM, que diferiu dos demais usos do solo. Já os menores valores de microporos foram em ACN que não apresentou diferença entre PIN. Em todas as profundidades estudadas os valores de Ds foram maiores nas SAF's que apresentaram diferença entre as demais formas de uso do solo. A área sob ACN apresentou menores valores de Ds, diferindo das demais formas de uso apenas na camada de 20-30 cm. Os teores de COT, foram maiores nas SAF's, diferindo entre as demais áreas, já os menores teores se encontram em TOM em todas as profundidades. Os maiores EstCOT foram observados nas e os menores em TOM em todas as profundidades. Os diferentes usos do solo alteram a fertilidade, atributos físicos e teores e estoque de carbono do solo. AMA, PIN e TOM contribuem para melhor fertilidade do solo. ACN diminuiu a densidade, porosidade e microporosidade do solo e aumenta a macroporosidade na profundidade de até 10 cm. Os Sistemas Agroflorestais aumentam os teores de COT e conseqüentemente os EstCOT até 30 cm de profundidade.

Palavras Chaves: qualidade do solo; atributos do solo; manejo do solo.

ABSTRACT

Currently, the Cerrado is one of the most important biomes for agricultural production. However, the increase in anthropogenic activities through land use causes changes in the physical, chemical and biological attributes of the soil. In this context, the work aimed to evaluate the effect of different soil uses on fertility, carbon stock and physical attributes of the soil in the Cerrado of Bahia. Five areas were selected: Cassava Area (AMA), Jatropha Area (PIN), Tomato Area (TOM), Area under forest systems (SAF's) and Native Cerrado Area (ACN). Soil samples were collected at depths of 0-10, 10-20 and 20-30 cm to evaluate total organic carbon (TOC), carbon stocks (EstCOT), soil fertility (Ca, Mg, K, P, H, Al and pH), and physical attributes of the soil (granulometry, density, total porosity, macro and micropores). The data were subjected to analysis of variance and the means were compared using the Tukey test at 5% probability. ACN obtained low levels of Ca^{2+} and very low levels of P at all depths. AMA presented a higher mean Pt, not differing between TOM. The highest macroporosity values were in ACN and AMA, which did not differ between PIN, while the lowest values were in TOM, which also did not differ between PIN. Microporosity presented higher values in TOM, which differed from other land uses. The lowest micropore values were in ACN, which showed no difference between PIN. At all depths studied, Ds values were higher in SAFs that showed differences between other forms of land use. The area under ACN presented lower Ds values, differing from other forms of use only in the 20-30 cm layer. The TOC levels were higher in the SAF's, differing between the other areas, while the lowest levels are found in TOM at all depths. The largest EstCOT were observed in and the smallest in TOM at all depths. Different soil uses alter soil fertility, physical attributes and soil carbon content and stock. AMA, PIN and TOM contribute to better soil fertility. ACN decreased soil density, porosity and microporosity and increased macroporosity at depths of up to 10 cm. Agroforestry Systems increase TOC levels and consequently EstCOT up to 30 cm deep.

Keywords: soil quality; soil attributes; soil management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do Município de Barreiras (BA), Brasil	17
Figura 2 - Área localizada no município de Barreiras - BA sob diferentes sistemas de cultivo: A) área sob plantio de mandioca; B) área sob plantio de pinhão manso; C) área sob plantio de tomate; D) área sob vegetação de Cerrado nativo.....	19
Figura 3 - Coleta e preparo de amostras de solo	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição das áreas de manejo de estudo.	18
Tabela 2 - Fertilidade química nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm do solo em áreas sob diferentes usos no Cerrado da Bahia.	26
Tabela 3 - Atributos físicos do solo na profundidade de 0-10 cm em áreas sob diferentes usos no Cerrado.	28
Tabela 4 - Valores médios da densidade do solo (Ds), teores de carbono orgânico total (COT) e estoque de carbono orgânico total (EstCOT) nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm em diferentes usos do solo no Cerrado.	29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Solos do Cerrado	13
2.2 Influência De Diferentes Usos Do Solo Nas Propriedades Químicas Do Solo.....	13
2.3 Influência de diferentes usos do solo no estoque de carbono do solo e no COT.....	14
2.4 Influência De Diferentes Usos Do Solo Nas Propriedades Físicas Do Solo	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 Caracterização da área experimental	16
3.2 Seleção e Histórico das áreas de estudo	17
3.3 Coleta e preparo das amostras de solo.....	19
3.4 Análises físicas do solo.....	20
3.4.1 Granulometria.....	20
3.4.2 Densidade do solo, porosidade total, macroporos e microporos.....	21
3.5 Análises químicas	22
3.5.1 pH do solo.....	22
3.5.2 Cálcio e Magnésio trocáveis	22
3.5.3 Potássio e Sódio trocáveis.....	23
3.5.4 Fósforo.....	23
3.5.5 Acidez Potencial.....	24
3.6 Determinação do teor e estoque de carbono orgânico total	24
3.7 Delineamento experimental e análise estatística	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1 Atributos químicos em áreas sob diferentes usos do solo	26
4.2 Atributos físicos em áreas sob diferentes usos do solo	28

4.3 Densidade do solo, teor e estoques de carbono.....	29
5. CONCLUSÕES.....	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33

1. INTRODUÇÃO

A substituição da vegetação nativa do Cerrado por diferentes usos do solo, vem se intensificando cada vez mais ao longo das últimas décadas, tornando o bioma um dos mais importantes para a produção agropecuária. (SOUZA et al., 2020). No entanto, como o solo é um recurso natural passível de degradação, há uma preocupação em relação ao aumento das atividades antrópicas que podem causar interferências negativas no sistema, provocando modificações nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo e conseqüentemente diminuindo a capacidade produtiva das áreas agrícolas (ARAÚJO et al., 2010).

O uso do solo com revolvimento excessivo ou práticas pouco conservacionistas, pode causar aumento da densidade, diminuição da macroporosidade e porosidade total. Além disso, a remoção da cobertura vegetal provoca redução no processo de ciclagem de nutrientes e acelera a decomposição da matéria orgânica, modificando os atributos físicos (CARNEIRO et al., 2009; PORTUGAL et al., 2010). Em seus estudos, Gozubuyuk et al. (2014), encontraram menor valor de porosidade no solo sem revolvimento em relação ao plantio convencional, atribuindo esse resultado ao preparo do solo. Costa et. al., (2020), encontraram menores valores de densidade em mata nativa comparada a áreas com monocultivos, devido ao sistema radicular das culturas e ao aporte dos resíduos vegetais em áreas nativas.

As propriedades químicas também são afetadas pelas diferentes formas de uso do solo, em especial na camada arável, devido a adição de corretivos e fertilizantes, operações agrícolas e ao grande consumo de nutrientes pelas culturas. Freitas et al. (2015), verificaram maiores teores de Ca no preparo do solo com maior revolvimento. Santos et al. (2017), observaram maior teor de P na camada de 0-20 cm, devido à baixa mobilidade desse nutriente no solo. As mudanças do uso do solo e aumento das atividades antrópicas também podem provocar uma significativa redução nos teores de carbono orgânico. De acordo com o tipo de manejo utilizado o equilíbrio na dinâmica dos nutrientes pode ser quebrado, causando um aumento ou diminuição em relação ao sistema natural, modificando assim a qualidade da matéria orgânica (FREITAS et al., 2018).

Nesse sentido, usos do solo que busquem uma sustentabilidade agrícola e minimizem o efeito negativo causado pelos diferentes usos, ganham destaque na atualidade, como os sistemas agroflorestais (SAF's) e manejos que utilizem o mínimo revolvimento do solo. As SAF's apresentam vantagens como: recuperação de áreas degradadas, aumento de matéria orgânica no solo, ciclagem de nutrientes e constituem importantes sistemas de sequestro de carbono (CO₂) da atmosfera (DA ROCHA JUNIOR et al., 2017; TORRALBA, 2016). Dessa forma, a avaliação da qualidade do solo por meio de seus atributos químicos, físicos e biológicos proporciona a verificação de impactos provenientes desses diferentes usos (SILVA et al., 2020).

A partir do exposto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes usos do solo sobre a fertilidade, estoque de carbono e atributo físicos do solo no Cerrado da Bahia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Solos do Cerrado

O Cerrado abrange uma extensão de aproximadamente 2.036.448 km², o que equivale a cerca de 22% do território brasileiro, tornando-o o segundo maior bioma da América do Sul (MMA, 2023). As classes de solo dominantes no Cerrado são os Latossolos, que abrangem 45,7% da área, seguidos pelos Neossolos Quartzarênicos com 15,2% e os Argissolos com 15,1% (SANO et al., 2008).

Seus solos possuem uma natureza ácida e apresentam deficiência de nutrientes como cálcio, magnésio e fósforo, enquanto são ricos em ferro e alumínio e devido a essas características, é necessário recorrer ao uso de corretivos e fertilizantes (FAGERIA, 2001). Os solos do Cerrado são profundos e possuem topografia que favorece a agricultura mecanizada, por isso grande parte de suas extensões territoriais é utilizada no cultivo agropecuário. Os diferentes manejos podem levar à degradação ambiental, afetando a regeneração natural do meio e causando redução na qualidade química, física e biológica, diminuindo conseqüentemente o conteúdo de matéria orgânica e nutrientes essenciais. (VOLPE et al., 2008; GUARESCHI et al., 2016; PRADO et al., 2016).

2.2 Influência De Diferentes Usos Do Solo Nas Propriedades Químicas Do Solo

O uso intensivo do solo e a redução da cobertura vegetal nativa leva à degradação dos recursos naturais, e especialmente à redução da fertilidade do solo. As propriedades químicas do solo são modificadas com a substituição da vegetação natural por diferentes usos, principalmente na camada arável, onde são adicionados corretivos e fertilizantes e realizadas operações agrícolas. Essas alterações são causadas por diversos fatores, como a cultura implantada e o manejo utilizado, a classe e a fertilidade inicial do solo, o comportamento físico-químico de cada nutriente e suas interações com o meio (MARCHIORI JÚNIOR; MELO, 2000).

As alterações nos teores de nutrientes e o conhecimento da fertilidade dos solos são fatores essenciais para a obtenção de sucesso na atividade agrícola. Os atributos químicos inferem diretamente na fertilidade do solo, principalmente devido aos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , P disponível, K^+ e pH (FRAZÃO et al., 2008). Segundo Freitas et al. (2017), o estudo das propriedades químicas do solo é capaz de possibilitar a compreensão de qual a fertilidade presente na área, permitindo observar possíveis modificações sofridas devido aos diferentes usos do solo.

Em estudos realizados por Freitas et al. (2015), avaliou-se o efeito da adoção por longo prazo de diferentes manejos associados ao preparo do solo utilizando a área de Cerrado Nativo como referência, onde verificou-se que os maiores teores de Ca foram na camada superficial e nos solos com maior revolvimento. Uma das principais características do cultivo convencional é o revolvimento do solo, onde são incorporados corretivos da acidez como o calcário, portanto a adoção desse sistema favorece a manutenção dos teores adequados destes elementos (SANTOS et al., 2017).

Santos et al. (2017) ao avaliarem os efeitos de sistemas de manejo nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso do Cerrado brasileiro, onde os sistemas avaliados foram sistema de plantio convencional; sistema de plantio direto e área de floresta de eucalipto, observaram um maior valor de P na camada superior (0-0,20 m), constatando a baixa mobilidade deste nutriente no solo e dificuldade em se mover e atingir maiores profundidades, este mesmo comportamento foi observado por Ribeiro et al. (2019).

2.3 Influência de diferentes usos do solo no estoque de carbono do solo e no COT

As substituições dos sistemas naturais por ambientes de cultivo agrícola podem provocar uma significativa redução nos teores de carbono orgânico, com alterações nos principais elementos químicos do solo e na dinâmica da matéria orgânica. De acordo com o tipo de manejo utilizado o equilíbrio na dinâmica dos nutrientes pode ser quebrado, causando um aumento ou diminuição em relação ao sistema natural,

modificando assim a qualidade da matéria orgânica (KHORRAMDEL et al., 2013; FREITAS et al., 2018).

As alterações no acúmulo de carbono no solo precisam de um novo equilíbrio, que pode ser atingido no momento em que se iguala a taxa de decomposição e a quantidade de entrada de carbono na forma de materiais vegetais (LIMA et al., 2013). O carbono orgânico do solo é um indicador importante de qualidade e sustentabilidade dos sistemas nativos e sua determinação juntamente com os teores de nutrientes do solo podem auxiliar no direcionamento de estratégias de manejo para os agroecossistemas (FROUFE et al., 2011; IWATA, 2010).

De acordo com Zatorre et al. (2010), a utilização de práticas não conservacionistas pode reduzir taxas de acúmulo ou provocar a redução de estoques de carbono, devido ao menor aporte de resíduos vegetais ao solo, dessa forma a mudança do sistema de plantio convencional para o plantio direto pode promover um acúmulo de carbono do solo ao longo do tempo.

Mascarenhas et al. (2017) estudando o comportamento dos atributos físicos e dos teores e estoques de carbono do solo em sistema agroflorestal, comparativamente a diferentes usos do solo, sendo eles o cultivo de cacaueteiro sob manejo agroecológico, pastagem cultivada e floresta nativa, observaram menores teores e estoques de carbono nas SAF's. Apesar dos sistemas agroflorestais, desde que adequadamente manejados, terem grande potencial para elevar os estoques de carbono, Froufe et al. (2011) mencionam que as práticas realizadas em SAFs são questionáveis, pois nem sempre promovem maiores estoques de carbono.

2.4 Influência De Diferentes Usos Do Solo Nas Propriedades Físicas Do Solo

As características do solo que estão relacionadas com seus atributos físicos são: textura, estrutura, agregação das partículas, densidade, condutividade hidráulica, resistência a penetração, taxa de infiltração de água e porosidade. O cultivo do solo causa modificações nesses atributos de acordo com a intensidade do preparo e uso do solo (REICHARDT; TIMM, 2012). A remoção da cobertura vegetal causa redução no processo de ciclagem de nutrientes e acelera a decomposição da matéria orgânica,

modificando características físicas do solo como densidade, estrutura e porosidade e distribuição de agregados (CARNEIRO et al., 2009; PORTUGAL et al., 2010).

Essas alterações se refletem por meio de alta compactação, baixas porosidades e modificações na condutividade hidráulica dificultando a infiltração de água, resultando na elevação do escoamento superficial, acarretando a erosão. Além disso, compromete a disponibilidade de nutrientes, a atividade microbiana, penetração de raízes, entre outros (IBRAHIM; ALIYU, 2016; REICHERT et al., 2015).

Em estudos realizados por Gozubuyuk et al. (2014), ao analisarem um Cambissolo de textura arenosa, observaram que o solo sem revolvimento apresentou o menor valor de Pt em relação ao plantio convencional na camada de 0,00 a 0,10 m, atribuindo esses resultados ao preparo do solo.

Mascarenhas et al. (2017) estudando o comportamento dos atributos físicos e dos teores e estoques de carbono do solo em sistema agroflorestal, comparativamente a diferentes usos do solo, sendo eles o cultivo de cacaueteiro sob manejo agroecológico, pastagem cultivada e floresta nativa, observaram maiores valores de densidade nas SAF's.

Costa et al. (2020) desenvolveram um trabalho em 4 áreas sendo elas área sob plantação de pinhão; área sob pastagem; área sob plantio de eucalipto; e área sob cerrado nativo, onde os menores valores de Ds foram na área de pinhão manso e cerrado nativo na camada até 20 cm, atribuindo esse resultado ao sistema radicular das culturas e ao aporte dos resíduos vegetais em áreas nativas.

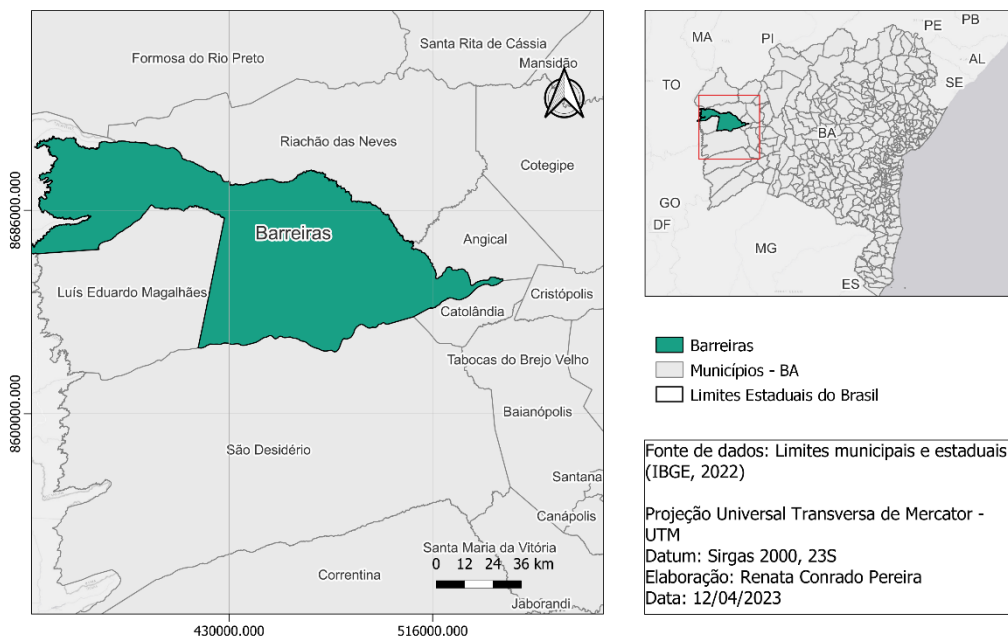
3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

A pesquisa foi realizada na área experimental da Universidade do Estado da Bahia e área comercial, no município de Barreiras, localizado no extremo oeste da Bahia (Figura 1), entre as coordenadas (12° 8' 54" S e 44° 59' 33" W), com altitude de 455 m. A condução ocorreu entre os meses de janeiro e março de 2023.

A região se encontra no bioma Cerrado e o clima de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Aw, com período chuvoso de outubro a abril e período seco de maio a setembro. Tendo uma média de temperatura que varia em torno de 34° C e 18° C. A precipitação anual é superior a 1.000 mm e a evapotranspiração anual se situa entre 1.400 mm e 1.600 mm (INMET). O solo da área, pertencente à UNEB foi classificado como CAMBISSOLO HÁPLICO (EMBRAPA, 2018).

Figura 1 - Localização do Município de Barreiras (BA), Brasil.



Fonte: Autoria própria

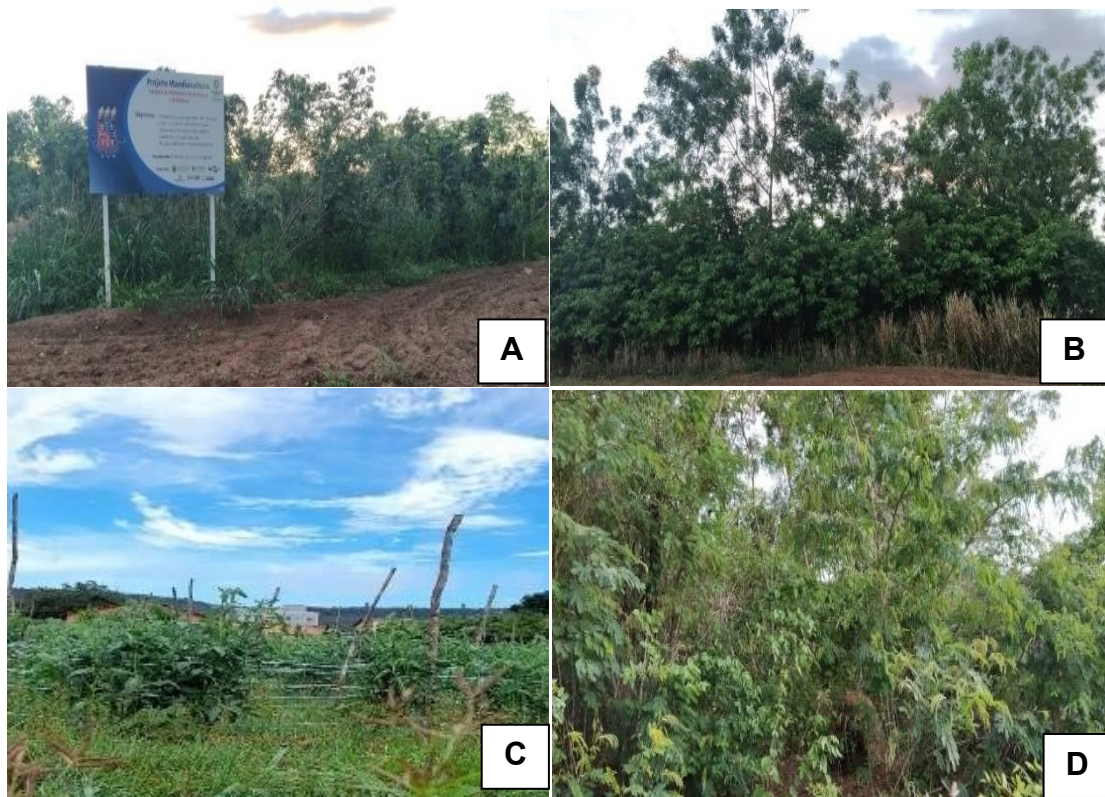
3.2 Seleção e Histórico das áreas de estudo

Foram selecionadas cinco áreas sob diferentes formas de uso do solo para serem avaliadas, sendo elas: Área de Mandioca (AMA), Área de Pinhão Manso (PIN), Área de Tomate (TOM), Área sob sistemas florestais (SAFs) e como referência Área de Cerrado Nativo (ACN). As informações obtidas do histórico dessas áreas foram: forma de sistema adotado na área, correções e adubações realizadas, principais culturas, principais tratamentos culturais, produtividade esperada, tipo de vegetação e uso atual do solo (Tabela 1).

Tabela 1 - Descrição das áreas de manejo de estudo.

Uso do solo	Descrição
AMA	Área cultivada anteriormente por feijão guandu, seguido de pousio. Para implantação da mandioca foi realizada aragem e gradagem, além de adubação fosfatada com super simples, adubação nitrogenada com ureia, área sem presença de palhada.
PIN	Constituída por plantas de pinhão manso, a área foi implantada em 2008, seguida pela presença de plantas de nim indiano, bom aporte de material orgânico e raízes.
TOM	Área recém formada, sem histórico de usos anteriores. A implantação da cultura do tomate foi realizada por duas safras intercaladas entre pousio de 6 meses. O solo passou por aração e gradagem antes do plantio.
ACN	Apresenta vegetação densa e presença de material orgânico moderado. Sistema radicular bastante ramificado e profundo. Área possui poucas características de preservação.
SAF's	Área localizada no Sítio Jacarandá, Distrito de Irrigação Barreiras Norte, Barreiras-BA, nas coordenadas 12°05'44.6" S e 44°55'20.0" W.

Figura 2 - Área localizada no município de Barreiras - BA sob diferentes sistemas de cultivo: A) área sob plantio de mandioca; B) área sob plantio de pinhão manso; C) área sob plantio de tomate; D) área sob vegetação de Cerrado nativo.



Fonte: Autoria própria

3.3 Coleta e preparo das amostras de solo

Em cada área de estudo foram abertos de forma aleatória, cinco minis perfis (minitrincheiras) com dimensões de 1x1m com 30 cm de profundidade. Após a abertura dos perfis, com o auxílio de um trado foram coletadas as amostras deformadas nas seguintes profundidades: 0-10 cm; 10-20 e 20-30 cm. Para a coleta das amostras indeformadas foi considerada uma amostra simples nas mesmas profundidades de estudo, utilizando anéis volumétricos tipo inox com volume previamente conhecido. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos, identificadas e transportadas do campo ao Laboratório de Química e Física do Solo pertencente ao Departamento de Ciências Humanas da Universidade do Estado da Bahia (UNEB).

As amostras deformadas foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de malha 2,0 mm para obtenção da fração terra fina seca ao ar (TFSA) e,

consequentemente, encaminhadas para as análises químicas. Assim, determinou-se os teores de pH, cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), fósforo (P), acidez potencial (H+Al) e carbono orgânico total (COT), segundo metodologia da Embrapa (2017). As amostras indeformadas foram conduzidas ao laboratório para determinação das análises físicas do solo que constam de granulometria (areia, silte e argila), e densidade do solo (Ds) segundo metodologia da Embrapa (2017).

Figura 3 - Coleta e preparo de amostras de solo



Fonte: Autoria própria

3.4 Análises físicas do solo

3.4.1 Granulometria

Para a análise granulométrica do solo (areia, silte e argila), inicialmente foi preparada a solução de hidróxido de sódio 1 mol L^{-1} , foi dissolvido 40 g de NaOH em água destilada e transferiu-se para balão volumétrico de 1 L, completando o volume com água. Em seguida, para realizar a dispersão das amostras, pesou-se 20 g de solo (TFSA) que foi transferido para a garrafa do agitador por meio de funil, foi adicionado 100 ml de água deionizada e lavou-se o funil usado para a transferência da amostra. Adicionou-se 10 ml de solução de hidróxido de sódio 1 mol L^{-1} , onde o volume final foi de aproximadamente 150 ml na garrafa. Posteriormente a garrafa foi montada no agitador, tampou-se com a rolha de borracha que foi apertada, em seguida o agitador foi acionado e a agitação procedeu-se por 5 minutos. Decorrido o tempo, o agitador foi desligado.

Para a separação de areia, montou-se sobre um funil a peneira apoiada em um suporte e colocou-se o conjunto funil e peneira sobre a proveta de sedimentação de 1L. Após isso, a garrafa foi retirada do agitador e transferiu-se a amostra para a peneira com cuidado para que não houvesse nenhuma perda de material. O material retido foi totalmente lavado com água deionizada e o volume da proveta de sedimentação foi completado até a marca de 1 L.

A areia retida na peneira foi transferida para um béquer seco e limpo, previamente tarado e identificado, o excesso de água foi eliminado e a amostra foi levada para secagem em estufa a 105 °C por 24 horas. Após as 24 horas, a amostra seca foi retirada da estufa, deixada esfriar e pesada em balança analítica.

Para a determinação de silte e argila, preparou-se uma prova controle (todos os reagentes exceto o solo). Com o auxílio da pipeta foi coletado 25 ml da solução que estava na proveta de sedimentação e transferiu-se a alíquota para um béquer seco e limpo, após isso o béquer foi levado para secagem em estufa a 105 °C por 24 horas.

A suspensão de cada amostra foi agitada manualmente e logo após pipetou-se 25 ml da suspensão de silte + argila, transferiu-se para um béquer que foi levado para secagem em estufa a 105 °C por 24 horas. Depois de um tempo de sedimentação da fração silte, a pipeta de 5 cm de profundidade foi inserida e pipetou-se 25 ml da suspensão de argila, que foi transferida para um béquer e levada para secagem em estufa. Por fim, após a secagem em estufa de todas as amostras de areia e argila, em uma balança analítica pesou-se o béquer contendo a amostra e depois pesou-se o mesmo béquer vazio, os valores foram anotados e foi feito o cálculo de diferença (EMBRAPA, 2017).

3.4.2 Densidade do solo, porosidade total, macroporos e microporos

As densidades dos solos foram determinadas segundo a EMBRAPA (2017), pela seguinte equação: (equação 1)

$$D_s = \frac{M}{V}$$

Onde:

D_s= densidade do solo (g/cm³);

M= massa de solo seco após secagem em estufa a 105 °C até atingir peso constante, subtraídas da massa do anel vazio, limpo e seco (g);

V= volume do cilindro (cm³).

Para determinação de porosidade total (Pt), Macroporos (macro) e Microporos (micro), seguiu-se as metodologias contidas em EMBRAPA (2017).

3.5 Análises químicas

3.5.1 pH do solo

O pH do solo é a determinação da concentração de íons H⁺ em sua solução, com influência na disponibilidade de nutrientes. Com o auxílio de um cachimbo, mediu-se 10 decímetros (dam) de solo que logo após foi colocado em um Becker e acrescentou-se 25 ml de água deionizada, utilizando um bastão de vidro a solução foi homogeneizada. Após 1 hora de descanso dessa solução, foi realizada a leitura do pH no peagâmetro (EMBRAPA, 2017).

3.5.2 Cálcio e Magnésio trocáveis

Para a determinação dos cátions trocáveis (Al²⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺), mediu-se a quantidade de terra fina seca ao ar (TFSA), que foi obtida através da passagem do solo em peneira de 2mm, para isso utilizou-se um cachimbo de 10 cm³. Em um Erlenmeyer de 125 ml foram adicionados os 10 cm³ de solo em 10 ml da solução extratora de KCl a 1 mol L⁻¹, após isso a solução foi deixada decantando durante 12 horas. Na metodologia utilizada no laboratório de física do solo da universidade é determinado o Ca²⁺ e (Ca²⁺ + Mg²⁺), o Magnésio é determinado através da diferença.

Após as 12 horas de decantação da solução, iniciou-se a determinação do Cálcio. Pipetou-se 5ml da solução extratora no Erlenmeyer de 125 ml e adicionou-se 3 ml de KOH e 30 mg de ácido ascórbico. O indicador utilizado na determinação do

cálcio foi o calcon. Para realizar a titulação a solução utilizada foi a EDTA a 0,25 mol L⁻¹, onde a viragem de cor passa de vermelha para azul.

Para determinação do (Ca²⁺ + Mg²⁺), pipetou-se 25 ml da solução decantada para o cálcio e 25 ml para o magnésio e adicionou-se ao Erlenmeyer de 125 ml de cada amostra. Posteriormente foram adicionados 4 ml do coquetel de cianeto de potássio, 30 mg de ácido ascórbico e 3 mg do indicador negro de eriocromo. Para a titulação foi utilizada a EDTA a 0,25 mol L⁻¹.

Para a determinação do Al²⁺, pipetou-se 25 ml da solução decantada no Erlenmeyer de 125 ml. O titulador utilizado foi o NaOH a 0,025 mol L⁻¹ e o indicador foi o azul de bromotimol, que vira de cor amarela para o verde (EMBRAPA, 2017).

3.5.3 Potássio e Sódio trocáveis

Para a determinação do Potássio e do Sódio, utilizou-se 20 ml da solução extratora Mehlich-1 e depois a determinação por espectrofotometria de chama. Inicialmente foi feita a leitura dos padrões (1,2,3 e 4) para realizar a elaboração da curva e conferir se as leituras estão corretas. Em seguida, foi feita a leitura do Potássio e do Sódio (EMBRAPA, 2017).

3.5.4 Fósforo

Para a determinação do fósforo, foi utilizado 10 cm³ de TFSA e adicionados a solução extratora Mehlich -1 de duplo ácido (ácido clorídrico e ácido sulfúrico). Em seguida, as soluções foram deixadas decantar por 12 horas, após isso foram pipetados 25 ml dessa solução em um Erlenmeyer junto com 30 mg de ácido ascórbico e logo após deixou-se descansando por 1 hora. Para realizar a leitura do teor de fósforo por espectrofotometria, foram utilizados tubetes e a coloração a ser vista foi azul (EMBRAPA,2017).

3.5.5 Acidez Potencial

A extração da acidez potencial do solo refere-se aos íons (H^+ e Al), para a determinação utilizou-se um cachimbo de 5 cm^3 e mediu-se o solo que foi adicionado a um Erlenmeyer de 125 ml, em seguida adicionou-se 75 ml de acetato de cálcio, como essa solução tende a evaporar, o Erlenmeyer foi envolvido com papel filme. A solução foi decantada por 12 horas, após isso foram pipetados 25 ml da solução obtida para um Erlenmeyer e em seguida realizou-se a titulação com solução de NaOH a $0,025\text{ mol L}^{-1}$, como indicador foi utilizada a fenolftaleína, onde a coloração ocorreu de incolor para rosa (EMBRAPA, 2017).

3.6 Determinação do teor e estoque de carbono orgânico total

O carbono orgânico total, foi determinado por oxidação a quente com dicromato de potássio em meio sulfúrico (EMBRAPA, 2017). Os estoques de carbono (EstC) foram obtidos segundo o método da massa equivalente (ELLERT et al., 2001). 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 definir a massa do solo, utilizou-se como referência a área sob vegetação de cerrado nativo (ACN), para realização dos cálculos. Em seguida calculou-se as camadas de solo a serem adicionadas ou substituídas com o objetivo de igualar as massas de solo dos tratamentos. Para o cálculo, foi utilizada a seguinte expressão:

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

Em que:

$E_{ad/sub}$ = 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 ($0,0001\ ha\ m^{-2}$);

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

Os estoques de carbono em massa equivalente foram obtidos pela seguinte equação:

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

Em que:

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

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

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

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

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

A = área, considerando 1 ha, ou seja, $10.000\ m^2$;

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

3.7 Delineamento experimental e análise estatística

Para avaliação dos dados adotou-se o delineamento inteiramente casualizado. A avaliação da fertilidade química do solo, foi realizada com a finalidade de caracterização da área de estudo de acordo com Souza e Lobato (2004), desse modo não foi necessário realizar a análise estatística. Para as demais variáveis, os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Atributos químicos em áreas sob diferentes usos do solo

Os valores de pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K, H+Al, K e P foram analisados nas áreas sob diferentes usos do solo nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-30 cm no Cerrado da Bahia (Tabela 2).

Tabela 2 - Fertilidade química nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm do solo em áreas sob diferentes usos no Cerrado da Bahia.

Uso do Solo	Fertilidade Química do Solo							
	pH	Ca	Mg	Ca+M	H+Al	K	P	Ca/Mg
	(H ₂ O)	g				mg dm ⁻³		
		-----cmol _c dm ⁻³ -----						
Profundidade, 0-10 cm								
ACN	4,44	0,75	1,37	2,12	9,24	0,25	5,74	0,54
AMA	6,00	4,00	1,50	5,50	1,85	0,50	13,61	2,66
PIN	6,10	4,00	2,87	6,87	4,13	0,46	8,93	1,39
TOM	5,91	3,87	0,88	4,75	3,75	0,25	35,71	4,39
SAFs	5,71	2,86	0,90	3,76	2,01	0,09	9,66	3,17
Profundidade, 10-20 cm								
ACN	4,56	1,00	1,00	2,00	7,59	0,23	4,97	1,00
AMA	6,04	4,62	0,88	5,50	4,13	0,48	9,98	5,25
PIN	6,10	3,87	0,63	4,50	4,32	0,36	7,51	6,14
TOM	6,10	3,00	1,87	4,87	3,14	0,21	23,43	1,60
SAFs	5,09	1,06	0,49	1,55	1,99	0,04	2,73	2,16
Profundidade, 20-30 cm								
ACN	4,60	0,25	2,12	1,87	9,24	0,30	4,04	0,58
AMA	6,31	7,12	0,75	7,87	4,32	0,41	4,97	9,49
PIN	6,07	2,50	1,75	4,25	4,29	0,43	5,74	1,42
TOM	6,59	4,62	0,50	5,12	2,48	0,27	8,40	9,25
SAFs	4,96	0,63	0,53	1,16	1,98	0,02	3,58	1,18

ACN = área de vegetação nativa sob Cerrado nativo; AMA = área sob plantação de mandioca; PIN = área sob plantação de pinhão; TOM = área sob plantação de tomate; SAFs = áreas sob sistemas florestais.

Analisando os valores de pH, verificou-se que ACN apresentou teores considerados baixos em todas as profundidades estudadas (<5,1). Na profundidade de 0-10 cm com exceção de ACN, todas as áreas tiveram teores considerados adequados (5,6 a 6,3). Nas profundidades de 10-20 e 20-30 cm as SAF's apresentaram teor baixo, já AMA, PIN E TOM obtiveram teores adequados (SOUSA E LOBATO, 2004)

Avaliando os diferentes usos do solo, observou-se que ACN obteve teores de Ca^{2+} considerados baixos em todas as profundidades ($<1,5$). Segundo Boddey et al. (2012) o cerrado nativo possui baixa fertilidade natural e sua produção primária vegetal é limitada, de tal maneira que, a aplicação adequada de calcário e fertilizantes aos cultivos agrícolas, possam superar o da vegetação nativa. Na profundidade de 0-10 cm, com exceção de ACN, todas as áreas apresentaram teores adequados de Ca^{2+} (1,5 a 7,0), na camada de 10-20 AMA, PIN e TOM tiveram teores adequados, já as SAF's apresentaram teor baixo.

Na camada de 20-30, AMA apresentou teor alto de Ca^{2+} ($>7,0$), PIN e TOM apresentaram teores adequados e as SAF's teores baixos. Resultados contrários foram obtidos por Santos et al. (2017), onde verificaram que em todos os usos do solo os maiores teores de Ca^{2+} foram provenientes da profundidade de 0-0,20 m e o plantio convencional apresentou maiores teores de Ca^{2+} , seguido do eucalipto e uso do solo com revolvimento. Freitas et al. (2015) observaram que os maiores teores de Ca^{2+} foram na camada superficial e nos solos com maior revolvimento, devido a incorporação de corretivos de acidez.

Os teores de Mg^{2+} foram considerados adequados em todas as áreas nas profundidades estudadas, exceto na de 10-20 onde as SAF's apresentaram teor baixo e na de 20-30 onde ACN apresentou teor considerado alto (>2). Analisando a acidez potencial (H+Al), a área sob ACN apresentou teores bem elevados em relação as demais áreas em todas as profundidades, o que está coerente, por se tratar de vegetação nativa do cerrado com solo originalmente ácido que não recebeu correção e adubação.

Observou-se que ACN obteve teores muito baixos de P em todas as profundidades ($<6,0$), na camada de 0-10 cm PIN e SAF's obtiveram teores baixos, AMA apresentou teor médio e TOM apresentou teor alto de P (>25). De acordo com Santos et al. (2017) a evidência de um maior valor de disponibilidade de P na camada superior é proveniente da adição de fertilizantes nas camadas mais superficiais, tendo em vista que o P é um elemento de mobilidade baixa no solo que apresenta dificuldade em se mover e atingir maiores profundidades. Resultados semelhantes foram encontrados por Ribeiro et al. (2019), que avaliando a fertilidade do solo sob sistemas agroflorestais do Cerrado, nas profundidades 0-5 e 0-20 cm, verificaram que o P apresentou maiores teores nas camadas superiores, constatando que a mineralização

do material orgânico depositado na superfície do solo, contribui para o aumento de nutrientes na camada superficial.

4.2 Atributos físicos em áreas sob diferentes usos do solo

Os valores médios de porosidade total (Pt), macroporosidade (Macr), microporosidade (Micr), areia (Are), silte (Sil) e argila (Arg) foram analisados nas áreas sob diferentes usos do solo na profundidade de 0-10 cm (Tabela 3).

Tabela 3 - Atributos físicos do solo na profundidade de 0-10 cm em áreas sob diferentes usos no Cerrado.

Uso do Solo	Atributos Físicos do Solo					
	Pt	Macr	Micr	Are	Sil	Arg
		-----m ³ m ⁻³ -----			-----g kg ⁻¹ -----	
ACN	0,41±0,15b	0,39±0,85a	0,02±0,24c	67,49	13,47	19,04
AMA	0,49±0,57a	0,39±0,55a	0,09±0,22b	75,9	12,72	12,28
PIN	0,38±0,99b	0,35±0,41ab	0,02±0,55c	69,94	15,02	15,04
TOM	0,43±0,45ab	0,32±0,15b	0,10±0,48a	79,65	11,55	8,80
DMS	0,06	0,06	0,01	-	-	-

ACN = área de vegetação nativa sob Cerrado nativo; AMA = área sob plantação de mandioca; PIN = área sob plantação de pinhão; TOM = área sob plantação de tomate. Pt = porosidade total; Macr = macroporosidade do solo; Micr = microporosidade do solo; Are = areia; Sil = silte; Arg = argila. Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DMS = diferença mínima significativa.

Analisando os valores médios de Pt, observou-se que AMA apresentou a maior média (0,49 m³ m⁻³), apresentando diferença entre ACN e PIN que apresentaram menores valores (0,41 m³ m⁻³ e 0,48 m³ m⁻³) respectivamente. No entanto, a AMA não apresentou diferença entre TOM. Gozubuyuk et al. (2014), ao analisarem um Cambissolo de textura arenosa na camada de 0,00 a 0,10 m sob diferentes usos do solo, observaram que o uso do solo sem revolvimento apresentou o menor valor de Pt em relação ao plantio convencional atribuindo esses resultados ao preparo do solo.

Os usos do solo que apresentaram os maiores valores de macroporosidade foram ACN e AMA (0,39 m³ m⁻³) não diferindo entre PIN, já os menores valores foram em TOM que também não apresentou diferença entre PIN.

A microporosidade apresentou valores maiores em TOM ($0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), que apresentou diferença dos demais usos do solo. Já os menores valores de microporos foram em ACN ($0,02 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) que não apresentou diferença entre PIN. Em contrapartida, Mazurana et al (2013), relataram que a microporosidade sofre pouca influência da cobertura vegetal e manejo aplicado. Desse modo, é possível que as diferenças de microporosidade entre as áreas estudadas sejam devido às características intrínsecas do solo.

Analisando os resultados de textura do solo das diferentes formas de uso na camada de 0-10 cm, o maior teor de areia foi encontrado em TOM ($79,65 \text{ g kg}^{-1}$), e o menor em ACN ($67,49 \text{ g kg}^{-1}$). Em relação aos teores de silte, PIN apresentou maior teor ($15,02 \text{ g kg}^{-1}$) e o menor foi observado em TOM ($11,55 \text{ g kg}^{-1}$). ACN obteve maior teor de argila ($19,04 \text{ g kg}^{-1}$) e o menor teor foi encontrado em TOM ($8,80 \text{ g kg}^{-1}$).

4.3 Densidade do solo, teor e estoques de carbono

Os valores médios da densidade do solo (Ds), teores de carbono orgânico total (COT) e estoque de carbono orgânico total (EstCOT) foram analisados nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm em diferentes usos do solo no Cerrado (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores médios da densidade do solo (Ds), teores de carbono orgânico total (COT) e estoque de carbono orgânico total (EstCOT) nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm em diferentes usos do solo no Cerrado.

Uso do Solo	Variáveis Analisadas		
	Ds g dm^{-3}	COT g kg^{-1}	EstCOT Mg ha^{-1}
Profundidade, 0-10 cm			
ACN	$1,00 \pm 0,28c$	$1,82 \pm 0,51c$	$1,80 \pm 0,48c$
AMA	$1,21 \pm 0,24b$	$2,13 \pm 0,43c$	$2,11 \pm 0,34bc$
PIN	$1,10 \pm 0,26bc$	$2,49 \pm 0,24b$	$2,49 \pm 0,46b$
TOM	$1,1 \pm 0,369b$	$0,69 \pm 0,15d$	$0,68 \pm 0,22d$
SAFs	$1,5 \pm 0,175a$	$7,86 \pm 0,22a$	$7,85 \pm 0,78a$
DMS	0,18	0,32	0,68
CV (%)	8,03	5,72	12,03
Profundidade, 10-20 cm			
ACN	$1,02 \pm 0,27b$	$2,03 \pm 0,63b$	$2,04 \pm 0,55b$
AMA	$1,18 \pm 0,41b$	$2,09 \pm 0,47b$	$2,11 \pm 0,42b$

PIN	1,21±0,28b	1,95±0,14b	1,99±0,37b
TOM	1,22±0,37b	1,81±0,36b	1,84±0,47b
SAFs	1,62±0,28a	5,01±0,72a	5,11±0,84a
DMS	0,25	0,71	0,81
CV (%)	10,91	14,58	16,32
Profundidade, 20-30 cm			
ACN	1,01±0,11c	1,72±0,67cd	1,69±0,50bc
AMA	1,25±0,17b	2,22±0,20bc	2,25±0,17b
PIN	1,22±0,20b	2,37±0,06b	2,40±0,51b
TOM	1,22±0,28b	1,39±0,15d	1,40±0,40c
SAFs	1,64±0,22a	3,62±0,57a	3,69±0,75a
DMS	0,15	0,57	0,72
CV (%)	6,35	13,35	16,72

ACN = área de vegetação nativa sob Cerrado nativo; AMA = área sob plantação de mandioca; PIN = área sob plantação de pinhão; TOM = área sob plantação de tomate; SAFs = áreas sob sistemas florestais. Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DMS = diferença mínima significativa. CV(%) = coeficiente de variação. Valores \pm representa o erro padrão da média.

Em todas as profundidades estudadas os valores de Ds foram maiores ($>1,5 \text{ g. cm}^{-3}$) nas SAF's que apresentaram diferença entre as demais formas de uso do solo. Silva et al. (2015), indicam que valores de densidade do solo acima de $1,40 \text{ g. cm}^{-3}$ podem resultar em restrições, principalmente ao crescimento radicular e infiltração de água no solo.

Segundo Ferreira (2016) a densidade de um solo pode ser influenciada por vários fatores, dentre eles, o tipo de cobertura vegetal, resíduos presentes na superfície do solo e a matéria orgânica. A matéria orgânica na superfície dos solos é a causa da redução da densidade do solo e à medida que a profundidade aumenta os teores de matérias orgânicas podem sofrer diminuições (MARTINS; AUGUSTO, 2012; BRADY; WEIL, 2013).

A área sob ACN apresentou menores valores de Ds, diferindo das demais formas de uso apenas na camada de 20-30 cm, na camada de 0-10 cm não diferiu entre PIN e na camada de 10-20 cm com exceção das SAF's, não houve diferença entre as diferentes formas de uso. Esse resultado pode estar associado ao sistema radicular das culturas e ao aporte dos resíduos vegetais em áreas nativas. Matias et al. (2009) e Costa et al., (2020) encontraram resultados semelhantes, onde os menores valores de densidade do solo foram observados em mata nativa quando comparada com áreas ocupadas com monocultivos de milho e pastagem, os autores atribuíram os resultados encontrados à maior quantidade de matéria orgânica, teor de argila e ausência de tráfego de máquinas agrícolas.

Quanto aos resultados de COT, observou-se que os maiores valores foram nas SAF's, onde houve diferença significativa entre as demais áreas estudadas. Isso pode ser explicado pela contribuição das SAF's no aumento de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e acúmulo de carbono (TORRALBA, 2016). Resultado diferente foi relatado por Mascarenhas et al., (2017), que estudando o comportamento dos atributos físicos e dos teores e estoques de carbono do solo em sistema agroflorestal, observaram menores valores de COT nas SAF's.

Na camada de 10-20, percebe-se que, com exceção das SAF'S, as demais formas de uso do solo não apresentaram diferença. Já os menores valores de COT se encontram em TOM em todas as profundidades. Isso pode ser atribuído a utilização de sistema não conservacionista nessa área que reduz a matéria orgânica do solo (ZATORRE et al., 2010).

Os resultados de EstCOT seguem tendência igual aos resultados encontrados para COT, onde os maiores valores foram observados nas SAF's e os menores valores em TOM, diferindo das demais formas de uso do solo em todas as profundidades estudadas.

5. CONCLUSÕES

Os diferentes usos do solo alteram a fertilidade, atributos físicos e teores e estoque de carbono do solo.

De modo geral, AMA, PIN e TOM contribuem para melhorar a fertilidade do solo.

ACN diminuiu a densidade, porosidade e microporosidade do solo e aumenta a macroporosidade na profundidade de até 10 cm.

Os Sistemas Agroflorestais aumentam os teores de COT e conseqüentemente os EstCOT até 30 cm de profundidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, F. S.; SALVIANO, A. A. C.; LEITE, L. F. C.; SOUZA, Z. M.; SOUSA, A. C. M. Qualidade física de um latossolo amarelo sob sistema de integração lavoura-pecuária no cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 34, n. 3, 2010.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Viçosa-MG, v. 31, n. 5, p. 1099-1108, 2007.
- ASSUNÇÃO, S. A., et al. 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.
- BARROS, J. D. et al. Estoque de carbono e nitrogênio em sistemas de manejo do solo, nos tabuleiros costeiros paraibanos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 1, p. 35-42, 2013.
- BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; JANTALIA, C. P.; MARTINETO, L.; MADARI, B. E.; MILORI, D. M. B. P.; MACHADO, P. L. O. de A. Estoques de carbono nos solos do Brasil: quantidade e mecanismos de acúmulo e preservação. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 33-82.
- BRADY, N.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 716 p.
- CAMPOS, M. C. C., et al. Carbon storage in soil and aggregates of Inceptisols under different land use management systems in southern Amazonas. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 11, n. 2, p. 339, 2016.
- CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.; REIS, E.F.; PEREIRA, H.S.; AZEVEDO, W.R. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.147-57, 2009.
- COSTA, A. A.; MACHADO, N. B. E.; LUDUVICO, A. G.; MACEDO. Atributos físicos e estoque de carbono em áreas sob diferentes formas de uso do solo no Cerrado do Oeste da Bahia. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v. 6, n. 5, p.32294-32306, Maio. 2020
- DA ROCHA JUNIOR, P. R.; ANDRADE, F. V.; DE SÁ MENDONÇA, E.; DONAGEMMA, G. K.; FERNANDES, R. B. A.; BHATTARAI, R.; KALITA, P. K. Soil, water, and nutrient losses from management alternatives for degraded pasture in Brazilian Atlantic Rainforest biome. **Science of the Total Environment**, v. 583, p. 53-63, 2017.

DE SOUSA, D. M. G.; & LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 3.ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro, 2017.

FERREIRA, C. R. Indicadores da qualidade do solo em uma cronosequência sob sistema plantio direto em Guaíra - PR. 2016. 91 f. Tese (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

FRAZÃO, L. A.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. J.; CERRI, C.C.; CERRI, C. E. P. Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 43, n. 5, p. 641-648, Brasília-DF, 2008.

FREITAS, L.; CASAGRANDE, J. C.; OLIVEIRA, I. A. de; CAMPOS, M. C; C.; OLIVEIRA, V. M. R. de. Atributos químicos de Latossolo Vermelho submetido a diferentes manejos. **Floresta**, v. 45, n. 2, p. 229-240, 2015a.

FREITAS, L.; OLIVEIRA, I. A.; SILVA, L. S.; FRARE, J. C. V., FILLA, V. A.; GOMES, R. P. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Unimar Ciências**, v. 26, p. 08-25, 2017.

FREITAS, L. D.; OLIVEIRA, I. A. D.; CASAGRANDE, J. C.; SILVA, L. S.; CAMPOS, M. C. C. Estoque de carbono de Latossolos em sistemas de manejo natural e alterado. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 228-239, 2018.

FROUFE, L. C. M.; RACHWAL, M. F. G.; SEOANE, C. E. S. Potencial de sistemas agroflorestais multiestrata para sequestro de carbono de áreas de ocorrência de Floresta Atlântica. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 66, p. 143-154, 2011.

GOZUBUYUK, Z.; SAHIN, U.; OZTURK, I.; CELIK, A.; ADIGUZEL, M. C.. Tillage effects on certain physical and hydraulic properties of a loamy soil under a crop rotation in a semiarid region with a cool climate. *Catena*, Turkey, v.118, p.195-205, 2014.

GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G. M.; PERIN, A. Densimetric fractionation of organic matter in an agricultural chronosequence in no-till areas in the Cerrado region, Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 2, p. 596-610, 2016.

IBRAHIM, M. M.; ALIYU, J. Comparison of Methods for saturated hydraulic conductivity determination: field, laboratory and empirical measurements (A Preview). **British Journal of Applied Science & Technology**. v. 15, n. 3, p. 1–8, 2016.

INMET (online). INMET Clima: normas climatológicas. Disponível em: < <https://portal.inmet.gov.br/> > Acesso em: 24 ago. 2023.

IWATA, B. F. **Dinâmica da matéria orgânica em argissolo vermelho amarelo sob sistemas agroflorestais no cerrado piauiense**. 2010. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2010.

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.

LIMA, I.M.A.; ARAÚJO, M.C.; BARBOSA, R.S. Avaliação das propriedades físicas do solo em sistemas silvipastoris, região centro-norte, Estado do Piauí. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v.9, n.1, p.117-124, 2013.

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W. J. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1177 - 1182, 2000.

MARSCHALL, Leandro Sebastiany; VIEIRA, Renan Costa Beber. Atributos químicos do solo em profundidade com o uso de gesso agrícola associado à diferentes doses de calcário em sistema plantio direto. **Jornada de Iniciação Científica e Tecnológica**, v. 1, n. 10, 2020.

MARTINS, P. F. S.; AUGUSTO, S. G. Propriedades físicas do solo e sistema radicular do cacauzeiro, da pupunheira e do açazeiro na Amazônia oriental. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 5, p. 723-730, out. 2012.

MASCARENHAS, A. R. P.; VOLPATO SCCOTI, M. S.; MELO, R. R.; CORRÊA, F. L. de O.; DE SOUZA, E. F. M.; ANDRADE, R. A.; BERGAMIN, A. C.; MÜLLER, M. W. Atributos físicos e estoques de carbono do solo sob diferentes usos da terra em Rondônia, Amazônia Sul-Occidental. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 37, n. 89, p. 19–27, 2017.

MATIAS, S. S. R.; BORBA, J. A.; TICELLI, M.; PANOSSO, A. R.; & DA CAMARA, F. T. (2009). Atributos físicos de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes usos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n.3, p. 331-338, 2009.

MAZURANA, M.; FINK, R. J.; SILVEIRA, H. V. da.; LEVIEN, R.; ZULPO, L.; BREZOLIN, D. Propriedades físicas do solo e crescimento de raízes de milho em um Argissolos vermelho sob tráfego controlado de máquinas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.5, p.1185-1195, 2013.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. *Matéria orgânica do solo: métodos de análises* 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2017.

MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; ALVARENGA, M. I. N. Indicadores da qualidade do solo. **Informe agropecuário**. v. 29, n. 244, mai./jun. Belo Horizonte, 2008, p. 17-29.

Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2023. O Bioma Cerrado. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/biomas/cerrado.html>>. Acesso em: 6 set. 2023.

PEREIRA, F. D. S.; ANDRIOLI, I.; PEREIRA, F. D. S.; OLIVEIRA, P. R. D.; CENTURION, J. F.; FALQUETO, R. J.; MARTINS, A. L. D. S. Qualidade física de um

Latossolo Vermelho submetido a sistemas de manejo avaliado pelo índice S. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 87-95, 2011.

PORTUGAL, A. F.; JUNCKSH, I.; SCHAEFER, C.E.R.G.; NEVES J.C.L. Estabilidade de agregados em Argissolo sob diferentes usos, comparado com mata. **Revista Ceres**, v.57, p. 545-53, 2010.

REICHARDT; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. 2º ed. Barueri, SP: Manole, 2012.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; SUZUKI, L.E.A.S; HORN, R. Mecânica do Solo. In: LIER, Q.de J.van. **Física do Solo**. Viçosa: SBCS, 2010.

RIBEIRO, J. M. et al. Fertilidade do solo e estoques de carbono e nitrogênio sob sistemas agroflorestais no Cerrado mineiro. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 2, p. 913–923, 30 jun. 2019.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 43, p. 153-156, 2008.

SANTOS, O. F.; SOUZA, H. M.; OLIVEIRA, M. P.; CALDAS M. B.;ROQUE C. G. Propriedades químicas de um Latossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, n. 1, p. 36–42, jan./mar. 2017.

SILVA, R. F.; PORTILHO, I. I. R.; AQUINO, A. M.; OTSUBO, A. A.; GALLO, A. S.; GUIMARÃES, M. F.. Análise conjunta de atributos físicos e biológicos do solo sob sistema plantio direto no Cerrado. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.7, p.60-74, 2018.

SILVA, M. O.; VELOSO, C. L.; NASCIMENTO, D. L.; OLIVEIRA, J.; PEREIRA, D. F.; COSTA, K. D. S. Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v. 6, n. 7, p. 47838-47855, jul. 2020.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004.

SOUZA, J.; MARTINS, P.; DRUCIAKI, V. Uso e cobertura do solo no Cerrado: panorama do período de 1985 a 2018. **Élisée - Revista De Geografia Da UEG**, 2020.

TORRALBA, M.; FAGERHOLM, N.; BURGESS, P. J.; MORENO, G.; PLIENINGER, T. Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. **Agriculture, ecosystems & environment**, v.230, p.150-160, 2016.

TROLEIS, M. J.B.; MONTANARI, R.; SENA, K. N.; DE SOUZA, P.T.; BARBIERI, R.S.; YANO, É. H.; GONZÁLEZ, A.P.; Sistemas de manejo e qualidade do solo na produção de soja no cerrado de baixa altitude. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v.9, n.8, p. e571985862-e571985862, 2020.

VOLPE, E.; MARCHETTI, M.E.; MACEDO, M.C.M.; ROSA JUNIOR, E.J. Renovação de pastagem degradada com calagem, adubação e leguminosa consorciada em

Neossolo Quartzarênico. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 131-138, 2008.

ZATORRE, N. P.; DA CRUZ, L. C. J.; FRANCHINI, J. C.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Influência do manejo do solo no estoque de carbono do solo. **Anais da Semana Científica Johanna Döbereiner**, 2010.