

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

GABRIEL POLICARPO TAVARES FARIA

ASPECTOS FÍSICOS EM LATOSSOLOS SOB DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO
NA REGIÃO DO TRIÂNGULO MINEIRO, MG

Uberlândia - MG

2024

GABRIEL POLICARPO TAVARES FARIA

ASPECTOS FÍSICOS EM LATOSSOLOS SOB DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO
NA REGIÃO DO TRIÂNGULO MINEIRO, MG

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Ciências
Agrárias da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito parcial para
obtenção do título de bacharel em
Agronomia.

Orientadora: Araína Hulmann Batista

Uberlândia - MG

2024

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

F224 Faria, Gabriel Policarpo Tavares, 2000-
2024 AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS FÍSICOS EM LATOSSOLOS SOB
DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO NA REGIÃO DO TRIÂNGULO
MINEIRO, MG [recurso eletrônico] / Gabriel Policarpo
Tavares Faria. - 2024.

Orientador: Araújo Hulmann Batista .
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em
Agronomia.
Modo de acesso: Internet.
Inclui bibliografia.

1. Agronomia. I. , Araújo Hulmann Batista, 1977-,
(Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia.
Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU: 631

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

GABRIEL POLICARPO TAVARES FARIA

ASPECTOS FÍSICOS EM LATOSSOLOS SOB DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO
NA REGIÃO DO TRIÂNGULO MINEIRO, MG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Ciências Agrárias da
Universidade Federal de Uberlândia como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Agronomia.

Uberlândia, 14 de maio de 2024

Banca Examinadora:

Araína Hulmann Batista – Doutora (ICIAG)

Larissa Barbosa de Sousa – Doutora (ICIAG)

Ricardo Ferreira Domingues – Mestre (ICIAG)

AGRADECIMENTOS

Antes de expressar meus agradecimentos, gostaria de dedicar este trabalho ao meu amado e saudoso pai, Wilson Policarpo de Faria, que partiu em Outubro de 2020. Toda minha conquista traz consigo um pouco do seu sacrifício. Agradeço pelo apoio incondicional que me permitiu perseguir meus sonhos, confiante de que, lá de cima, o senhor continua zelando por mim.

À minha amada família, expresso profunda gratidão pelo apoio inabalável ao longo dos anos de minha graduação. Em particular, à minha estimada mãe, Renata Clevia Tavares Faria, e à minha irmã, Luana Tavares Faria. Vocês foram pilares fundamentais durante esses anos, proporcionando-me uma realidade na qual pude me dedicar integralmente aos estudos - *24 horas por dia*. Também estendo meus agradecimentos aos meus queridos avós, Rui Eli Tavares, Cirlei Maria Tavares, Francisca Lúcia de Faria e José Policarpo de Faria, em memória, pois foram o alicerce dessa linda família.

Aos amigos que tive o privilégio de conhecer antes mesmo de ingressar na vida acadêmica, e àqueles que fiz ao longo dos cinco anos de graduação, meu sincero agradecimento. Vocês tornaram este processo mais leve e prazeroso.

Um agradecimento especial à minha querida orientadora, Dra. Araújo Hulmann Batista, por ter me aceitado como orientado. Nossa conexão vai além das salas de aula, e o carinho que compartilhamos transcende a relação entre professora e discente. Você foi uma peça fundamental na formação do Engenheiro Agrônomo que estou me tornando. Também gostaria de expressar minha gratidão à equipe do Núcleo de Estudos em Gênese do Solo, do qual tive a honra de ser presidente por dois anos. A colaboração nas minhas coletas e análises laboratoriais foi indispensável. Ninguém alcança o sucesso sozinho, e com vocês foi uma experiência incrível.

Por último, mas não menos importante, agradeço à Dra. Larissa Barbosa, tutora do Programa de Educação Tutorial, do qual fui membro por três anos. Desde o primeiro dia, você me orientou e forneceu feedbacks essenciais sobre como me posicionar no mercado de trabalho. Graças ao seu apoio incansável, sinto-me preparado para enfrentar os desafios como Engenheiro Agrônomo.

Acima de tudo, sou grato a Deus todos os dias por me permitir estudar aquilo que amo na universidade dos meus sonhos. Esta jornada tem sido verdadeiramente abençoada.

RESUMO

As práticas conservacionistas de manejo de solos são essenciais para o equilíbrio e qualidade dos sistemas agrícolas, sabe-se que as práticas não conservacionistas promovem a degradação da qualidade física do solo. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade física do solo, no bioma Cerrado, sob diferentes sistemas de cultivo agrícola. Os usos do solo foram considerados como tratamentos, sendo: T1 - área de Latossolo com cerrado nativo; T2 - área de Latossolo com cultivo de culturas anuais no sistema plantio direto (SPD); T3 - área de Latossolo com sistema plantio convencional (SPC); T4 - área de Latossolo com cultivo de grãos em sistema convencional com sistema de irrigação (SI). O solo foi coletado em seis profundidades 0 -10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 e 50-60 cm e quatro repetições, e o delineamento experimental escolhido foi inteiramente casualizado em esquema fatorial. Por tamisação úmida foi determinado o diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados; pelo método da pipeta, apenas com água como solução, foi determinada a argila dispersa em água (ADA); a densidade aparente do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico. Os resultados foram submetidos à análise de variância para verificar as diferenças estatísticas e interações entre os diferentes sistemas de cultivo e profundidades, a 5 % de probabilidade ($p < 0,05$), e o teste de médias utilizado foi o Scott Knott. As áreas de SPD apresentaram os maiores valores de DMP e DMG, e o inverso foi observado para ADA, com os melhores resultados obtidos na área de Cerrado Nativo. O SI apresentou os maiores valores de densidade aparente a partir de 30 cm de profundidade, com valores próximos ao limite de qualidade para solos argilosos ($1,4 \text{ g/cm}^3$). Os resultados apontam para a importância da manutenção da cobertura do solo e menor revolvimento para a sua qualidade física, sendo o SPD o que apresentou os melhores resultados. Esses resultados destacam a importância deste sistema de cultivo na conservação do solo e sua contribuição para a estabilidade dos sistemas agrícolas em comparação com o SPC e SI.

Palavras-chave: Manejo de Solo, Plantio Direto, Plantio Convencional, Qualidade do solo.

ABSTRACT

Conservationist soil management practices are essential for the balance and quality of agricultural systems. The present work aimed to evaluate the physical quality of the soil, in the Cerrado biome, under different agricultural cultivation systems. Soil uses were considered as treatments, being: T1 – Oxisol area with native cerrado; T2 – Oxisol area with cultivation of annual crops in the No-Till system; T3 – Oxisol area with conventional planting system; T4 - Oxisol area with grain cultivation in an irrigated system. The soil was collected at six depths 0 -10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 and 50-60 cm and four replications, in a factorial scheme and completely randomized design. The weighted average diameter and geometric average diameter of the aggregates were determined by wet sifting; by the pipette method, with only water as a solution, the clay dispersed in water was determined and the apparent density of the soil was determined by the volumetric ring method. The results were subjected to analysis of variance to verify statistical differences and interactions between different cultivation systems and depths, at 5% probability ($p < 0.05$), and the means test used was Scott Knott. The No-Till areas presented the highest values of weighted average diameter and Geometric Average Diameter, and the opposite was observed for Water Dispersed Clay, with the best results obtained In the Native Cerrado area. The Irrigation System presented the highest apparent density values at all depths (no em portugues fala que é a partir dos 30 cm), with values close to the quality limit for clayey soils (1.4 g/cm^3). The results point to the importance of maintaining soil cover and less tillage to the physical quality of the soil, with No-Till being the system that presented the best results. These results highlight the importance of this cultivation system in soil conservation and its contribution to the stability of agricultural systems compared to the Conventional and Irrigation System.

Keywords: Soil Management, No-Till, Conventional Planting and Pedology (qualidade do solo).

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	07
1.1 OBJETIVOS GERAIS.....	09
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	09
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
3.1 ARGILA DISPERSA EM ÁGUA.....	11
3.2 DENSIDADE DO SOLO.....	14
3.3 ESTABILIDADE DE AGREGADOS.....	16
3.4 GRAU DE DISPERÃO E FLOCULAÇÃO.....	19
4 CONCLUSÃO.....	19
5 REFERÊNCIAS.....	19

1. INTRODUÇÃO

Estima-se que 33% dos solos do mundo já passaram por processos erosivos, e já são considerados como degradados (FAO, 2021). Assim, compreender as causas dos processos erosivos e as formas de reduzir sua ocorrência é de suma importância, buscando evitar a degradação dos solos por erosão nas áreas produtivas. A erosão não é o único dano causado por práticas agrícolas e uso e ocupação dos solos. Os desdobramentos pela degradação dos aspectos físicos do solo incluem menor reserva de água, aceleração do ciclo hidrológico com maiores volumes de chuvas, aumento da temperatura e evapotranspiração dos solos, menor condutividade hidráulica e portanto, menor infiltração da água que leva a um maior volume de enxurradas, assoreamento dos cursos de água e aumento de enchentes e desastres humanitários (EMBRAPA, 2015).

O papel essencial dos solos como substrato para os ecossistemas e o desenvolvimento das plantas cultivadas é incontestável, especialmente no Brasil, país de vocação agrícola e economia sustentada pelo agronegócio. O solo fornece nutrientes essenciais para as nossas florestas e lavouras, filtra a água e ajuda a regular a temperatura e as emissões dos gases de efeito estufa. Além disso, solos bem manejados têm sua estrutura preservada, favorecendo a infiltração de água, aumentando a recarga dos lençóis freáticos e evitando o escoamento superficial por enxurradas, levando à diminuição das enchentes e da erosão (BERNARDI, 2020).

Em sistemas produtivos, já é senso comum que não apenas a maior produtividade importa, mas também a preservação dos solos como recurso natural, que não se renovam em tempo humano. Nesse contexto, o sistema plantio direto (SPD) tem sido uma forma de manejo altamente eficiente dentro da agricultura conservacionista (CARNEIRO, 2010). O SPD desempenha um papel fundamental na promoção do equilíbrio e estabilidade dos sistemas agrícolas, contribuindo significativamente para a conservação não somente do solo, mas dos compartimentos que dependem deste, como a água, ar e organismos, prevenindo, assim, a ocorrência da degradação ambiental que dificilmente pode ser revertida. Atualmente, todos os setores do agronegócio, incluindo agências de pesquisa e universidades, estão comprometidos em promover o contínuo desenvolvimento e aprimoramento de práticas de manejo que preservem o ambiente sem perder ou limitar a capacidade produtiva (DENARDIN, 2011).

Apesar disso, é importante destacar que ainda existem muitos produtores rurais que permanecem utilizando o sistema plantio convencional (SPC), caracterizado pelo uso de práticas tradicionais de preparo do solo - aração e gradagem com a exposição do solo,

favorecendo a desagregação, compactação, erosão, entre outros processos que causam a perda da capacidade produtiva e funções ecossistêmicas (FREITAS, 2019).

Um ponto relevante em relação à composição do solo diz respeito à estabilidade de seus agregados. Essa estabilidade pode ser influenciada pelos diferentes sistemas de manejo utilizados, os quais têm o potencial de provocar a fragmentação dos agregados, a dispersão das partículas primárias, entupimento dos poros e alterações significativas na dinâmica da água e crescimento das plantas. Esse fenômeno, por sua vez, resultará em uma redução significativa da estabilidade da qualidade do solo, acelerando o processo de decomposição e enfraquecendo sua resistência (AGUIAR, 2008).

O sistema de plantio direto consiste na manutenção contínua da cobertura do solo na lavoura, por meio dos resíduos vegetais das culturas anteriores, resultantes do processo de rotação de culturas, visando deixar uma camada de palhada na superfície do solo. O objetivo principal do plantio direto é minimizar a perturbação do solo, garantir sua cobertura com restos vegetais e promover a adubação verde, especialmente por meio de plantas leguminosas, devido seu sistema radicular. Além disso, o sistema abraça práticas conservacionistas de solo e água, todas em prol da restauração da fertilidade do solo (ADAMS et al., 2016).

Outro atributo físico que reflete a qualidade do solo é a argila dispersa em água (ADA). Elevados graus de dispersão implicam no favorecimento do transporte das partículas, menor estabilidade de agregados e todos os processos de degradação que podem se desdobrar a partir da destruição das estruturas do solo. Quanto maiores forem os valores de ADA, menor será estabilidade de agregados e a resistência aos agentes erosivos (DONTSOVA et al., 2009). Valores altos de ADA são indicadores de degradação dos solos, especialmente em solos cujo grau de floculação é naturalmente elevado, como os Latossolos (EMBRAPA, 2021). Nestes solos, quando cultivados, a ADA torna-se um indicador de qualidade física.

Os valores de alto grau de dispersão argila refletem na perda da estabilidade de agregados, promovida, entre outros motivos, pela alta quantidade de sais solúveis com íons de elevado raio iônico hidratado, como o potássio (PAES et. al, 2012) . Outro fator que promove a degradação física é o trânsito intenso de máquinas e implementos agrícolas e revolvimento do solo, acelerando a decomposição da matéria orgânica e diminuindo, assim, a resistência das camadas superficiais do solo à compactação, além disso a matéria orgânica, atua como um agente cimentante, promovendo uma melhor agregação. As minúsculas partículas de argila quando facilmente dispersas, entopem os poros do solo, causam alterações na dinâmica da água em profundidade e facilitam os processos erosivos nos sistemas produtivos (SOUZA et. al, 2011).

Dependendo do manejo adotado no sistema agrícola, os atributos físicos como ADA e estabilidade de agregados podem variar, até mesmo em condições similares de classe de solos. Em lavouras de café na região do Espírito Santo, notou-se que onde não se priorizou a cobertura vegetal se teve maiores valores de ADA, nos quais solos manejados de maneira conservacionista receberam nota 9,0 no controle da erosão, enquanto o não conservacionista obteve nota variando de 2,0 – 4,0 pontos. Além disso, nesses mesmos lugares onde não se preconiza o SPD, houve formação de agregados menores e mais instáveis (THOMAZINI et al., 2013).

Diante disso, torna-se relevante avaliar como os atributos físicos do solo, em Latossolo Vermelho do bioma Cerrado (se o seu objetivo foi avaliar especificamente esse tipo de solo isso deve constar na introdução), se comportam sob diferentes sistemas de cultivo agrícola, que é o objetivo proposto com a realização do presente estudo.

1.1 Objetivo Geral

Comparar os atributos físicos de argila dispersa em água, densidade aparente, estabilidade de agregados e grau de floculação e dispersão em Latossolo Vermelho Distrófico típico sob diferentes sistemas de cultivo em seis profundidades.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido em uma propriedade agrícola localizada na região rural de Uberaba, MG (19°21'07,00" S 48°00'42,44"O), em uma área de Latossolo Vermelho Distrófico típico com diferentes usos. Dentro da propriedade, uma extensão de terra que abriga vegetação nativa em solos profundos é conservada, comprovada por meio da avaliação das imagens do site Mapbiomas (2021) e por meio de visitas realizadas ao local (Figura 1). Os diferentes usos do solo foram considerados como tratamentos, resultando em quatro tratamentos: T1 - área de Latossolo com Cerrado nativo, composto por pontos 1, 2, 3 e 4; T2 - área de Latossolo com cultivo de culturas anuais no sistema plantio direto na palha (SPD), composto pelos pontos 9, 10, 11 e 12; T3 - área de Latossolo com sistema de plantio convencional (SPC), composto pelos pontos 17, 18, 19 e 20; T4 - área de Latossolo com cultivo de grãos em sistema irrigado (SI), identificado pelos pontos 5, 6, 7 e 8. Os pontos 13, 14, 15 e 16 são de uma área de solo hidromórfico, os quais não foram utilizados para o presente trabalho.



Figura 1: Mapa da área das propriedades rurais onde foram feito as coletas para o trabalho, no município de Uberaba-MG. **Fonte:** Google Earth Pro e Qgis, 2022.

As delimitações das áreas foram realizadas por meio do processamento de imagens de satélite utilizando a ferramenta Qgis. Após a delimitação, as áreas foram subdivididas em quatro sub-áreas, consideradas como repetições. Assim, o estudo foi feito em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial com 4 sistemas de cultivo, 6 profundidades e 4 repetições.

Com base na homogeneidade das características de solo e relevo foram abertas trincheiras de 0,60 m de profundidade por aproximadamente 0,50 m de largura para a retirada das amostras de solo. As profundidades da coleta foram: 0-10 cm; 10-20 cm; 20-30 cm; 30-40 cm; 40-50 cm; 50-60 cm totalizando 94 amostras deformadas de solo, que foram utilizadas na avaliação da estabilidade de agregados e argila dispersa em água (ADA), realizada no Laboratório de Manejo e Conservação dos Solos da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

Amostras indeformadas foram coletadas com anel de Kopech nas profundidades de 0 – 20, 20 – 40 e 40 – 60 cm, para avaliação da densidade aparente do solo. Para a determinação da massa de solo seco os anéis foram mantidos em estufa, até obtenção do peso constante, a 105°C. Com os resultados foi obtida a relação massa/volume, resultando nos valores de densidade aparente (g/cm^3).

Embora não haja um método padronizado de amostragem e fracionamento de agregados (DÍAZ-ZORITA et al., 2002), os procedimentos adotados usualmente concordam com o princípio básico da separação dos agregados. O método criado por Yoder em 1936, amplamente utilizado em pesquisas de agregação, é frequentemente adaptado de diversas maneiras. Exemplos dessas modificações podem ser encontrados nos trabalhos de Kemper & Rosenau

(1986) e Embrapa (2017). Neste estudo, a estabilidade de agregados foi utilizada como um indicador da qualidade física da estrutura do solo no campo, com base na estabilidade de uma classe de agregados previamente separados, em vez de considerar a distribuição de agregados em todo o volume do solo. Essa escolha se deve ao fato de que os resultados da análise de estabilidade estão relacionados à distribuição de agregados e à capacidade desses agregados de resistir às forças destrutivas, o que é um fator relevante no fenômeno estudado. O método de análise da estabilidade de agregados, consiste na pré-separação das amostras passando o solo seco por uma peneira com abertura de malha de 4 mm. Posteriormente, a estabilidade de agregados do solo foi avaliada por tamisação úmida a partir da classe de agregados de 2-4 mm previamente separados. 25 g desta classe de agregados foram pesadas em triplicata, umedecidas com borrifador de água, das quais duas foram dispostas sobre a peneira de malha 2mm encaixadas sobre outras três peneiras, sendo 1 mm, 0,5 mm e 0,25 mm. Um das três repetições foi levada à estufa a 105°C para obtenção da umidade no momento da obtenção da massa das amostras. Os jogos de peneiras são então encaixados em agitador do tipo Yoder onde permanecem em agitação por 15 minutos. Após este período, os agregados de cada classe são levados à estufa a 105°C até obtenção de peso constante, e suas massas determinadas em balança analítica para a obtenção do diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico (EMBRAPA, 2017).

A dispersão mecânica gradual da argila ocorre na água, seguida pela separação da fração de argila através da sedimentação do silte. A fração de argila dispersa em água é quantificada por pesagem e secagem em estufa (EMBRAPA, 2017).

Foi realizada ainda a análise granulométrica pelo método da pipeta, feita com as amostras mecanicamente dispersas e estabilizadas utilizando um agitador em uma solução dispersante (NaOH 1 mol.L⁻¹), e então as frações foram separadas por peneiramento e sedimentação (Lei de Stokes). As frações separadas são medidas por pesagem após secagem em estufa (GEE & BAUDER, 1986).

Os resultados nas diferentes avaliações foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para determinar se houveram diferenças significativas entre as variáveis dependentes. As médias com diferenças significativas foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). A ferramenta estatística empregada para a análise foi o software SISVAR (FERREIRA, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Argila dispersa em água

A Tabela 1 traz os resultados da análise de variância (ANOVA) para a variável argila dispersa em água (ADA). Os resultados foram significativos e mostram que houve interação entre os fatores – sistema de cultivo e profundidade (p valor $< 0,05$). Os dados demonstram que o manejo do solo pode resultar em impactos para a qualidade do solo, tanto em superfície quanto em subsuperfície (profundidades maiores que 30 cm) (Figura 2).

Tabela 1. Análise de variância para argila dispersa em água (ADA – g/kg) nos diferentes sistemas de cultivo e profundidades.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	5220,260453	1740,086818	5,686	0,0015
Profundidade	5	6134,368184	1226,873637	4,009	0,0029
Trat*Prof	15	12230,975303	815,398354	2,665	0,0029
erro	72	22033,616825	306,022456		
Total Corrigido	95	45619,220766			

CV (%) = 52,95

Média geral: 33,0365625

Número de observações: 96

*FV – fator de variação; GL – graus de liberdade; SQ – soma dos quadrados; QM – quadrado médio; Fc – variância calculada; Pr>Fc – probabilidade; CV – coeficiente de variação. Significativo a 5% de probabilidade ($Pr>Fc < 0,05$).

Os maiores valores de ADA foram observados na profundidade de 30 – 40 cm nos sistemas de cultivo SPD e SI (61,49 e 74 g.kg⁻¹, respectivamente) (Figura 2). Um dos motivos para esses valores de maior dispersibilidade de solo, pode estar relacionado com as maiores concentrações de cátions dispersantes, como o potássio (K), oriundo dos fertilizantes solúveis. Os resultados estão de acordo com os registros encontrados na literatura para camadas em subsuperfície com problemas de adensamento do solo que ocorre em decorrência dos tratos culturais, especialmente, os de preparo do solo (TORMENA, 2009). Ressalta-se que a dispersão das argilas é ainda favorecida pelo aumento do pH, que promove a diminuição da atividade do cátion Al³⁺ que é responsável pela floculação das partículas primárias (menor raio iônico hidratado e maior valência).

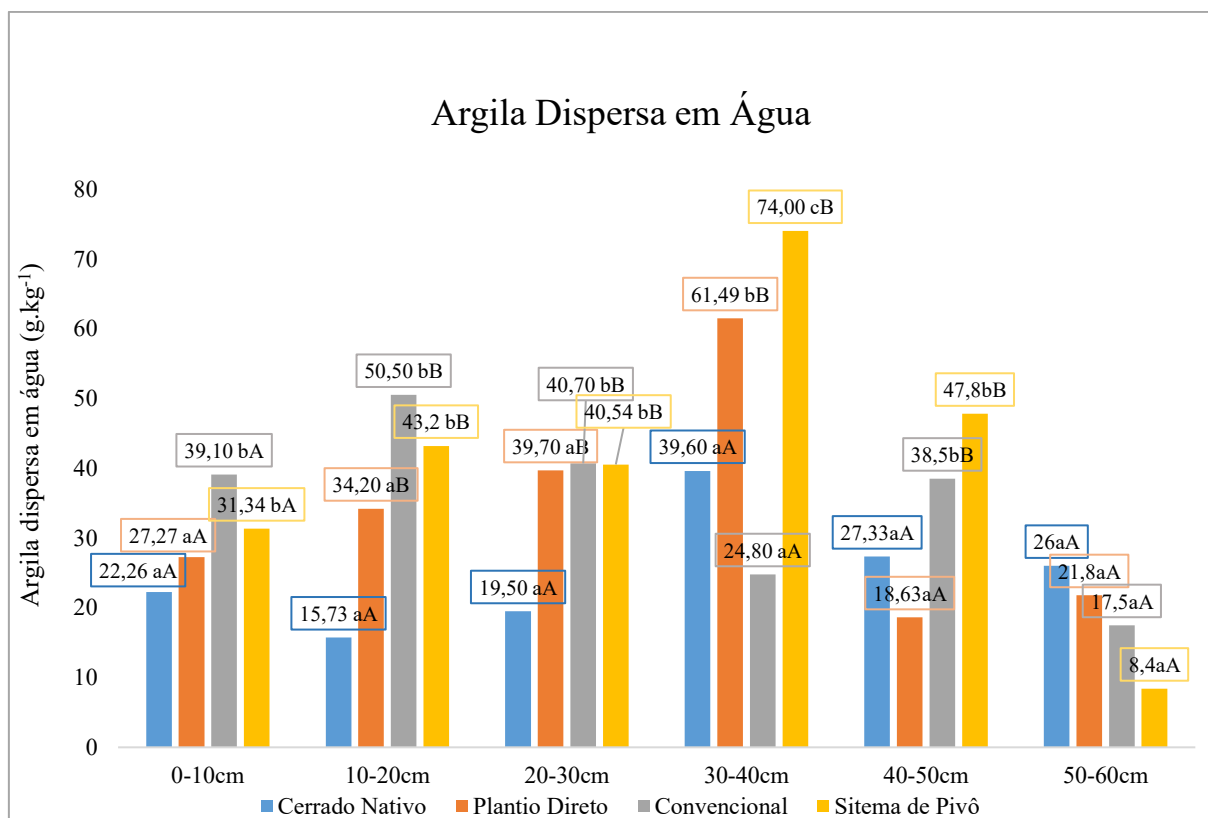


Figura 2. Argila dispersa em água (ADA) nos diferentes sistemas de cultivo em seis profundidades.

*Médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam os diferentes sistemas de cultivo na mesma profundidade e as minúsculas comparam as diferentes profundidades nos mesmos sistemas de cultivo.

Eram esperados maiores valores de ADA em áreas cultivadas em relação ao Cerrado Nativo (CN), confirmado pelos resultados para todas as profundidades. Entretanto, os resultados surpreendem por terem sido superiores na área de SPD em relação ao SPC na profundidade de 30 – 40cm. Duas hipóteses para estes resultados podem ser consideradas: 1. Efeito residual de sistemas de manejo anteriores à introdução do plantio direto; 2. Elevado teor de sais aplicados ao solo no SPD, promovendo aumento da dispersão das argilas (MORAES, 2013).

Carneiro (2010) mostrou que argilas dispersas podem ser eluviadas aumentando o seu teor nas camadas subsequentes no solo e chegando ao seu ápice na camada média no solo. No presente estudo para o SI os valores de ADA iniciam em 31,33g.kg⁻¹ e chegam a 74g.kg⁻¹ na camada 30-40cm. Além disso, os resultados de CARNEIRO (2010) mostraram que o sistema plantio convencional apresentou os maiores valores nas camadas superficiais, devido ao manejo utilizado, que promove a instabilidade dos solos e aumenta a dispersão das argilas. Os

resultados apresentados na figura 2 mostram que o SPC apresentou valores maiores de ADA nas camadas 0-10cm, 10-20cm e 20-30cm e 40-50cm.

Ao analisar os dados obtidos no SPD - 27g.kg^{-1} na profundidade 0-10 cm, 34g.kg^{-1} na camada 10-20 cm e 39g.kg^{-1} na camada 20-30 cm. A manutenção da camada orgânica no solo, no plantio direto, como agente cimentante de argilas, com redução da dispersão contribui para este comportamento (SILVA, et al. 2024).

Segundo APOLINO et al. (2006) em áreas sob pivô de irrigação há maior dispersão das argilas em relação a outros sistemas de cultivo. Destaca-se que os menores valores de ADA são justamente neste sistema de cultivo na profundidade de 50-60 cm ($8,2\text{ g.kg}^{-1}$), contrastando com os maiores valores no mesmo sistema de cultivo que foram encontrados na profundidade de 30-40 cm (74 g.kg^{-1}) (Figura 2). Estes valores são muito relevantes do ponto de vista da conservação da qualidade física dos solos.

A dispersão das argilas promove o seu transporte para camadas mais profundas, onde as condições de floculação voltam a operar – menor efeito dos tratos culturais e alterações químicas. Isto pode ocasionar a obstrução dos poros e problemas com a infiltração da água nas regiões subsuperficiais. Em alguns ambientes com maior presença de sais, como os solos do semi-árido nordestino, este processo pode ocorrer naturalmente (solos salino-sódicos) e também promovido por uso e manejo inadequados, especialmente em áreas com intenso uso de pivôs de irrigação. Nestes locais, a superirrigação tem ocasionado a transformação das estruturas do solo em estruturas prismáticas e colunares, e até mesmo a formação de horizontes cimentados, devido à salinização e migração das argilas para as camadas mais profundas, onde permanecem reduzindo de forma consistente a porosidade dos solos (MANTOVANELLI et al, 2022).

Este tipo de degradação é de difícil correção, uma vez que são profundidades que não podem ser acessadas pelos maquinários e raízes das plantas. Desta forma, os resultados nas profundidades de 40-50 reforçam a necessidade de controle da qualidade do solo por meio de manejo conservacionista como rotação de culturas, uso de maquinários em umidade abaixo do limite de plasticidade, monitoramento da qualidade física e controle da qualidade da água de irrigação (RIBEIRO et al., 2009).

3.2 Densidade do Solo

A Tabela 2 mostra a análise de variância para a variável densidade aparente do solo nos diferentes sistemas de cultivo em seis profundidades. Os resultados indicam que não houve interação entre os fatores, mas foram significativos entre os sistemas de cultivo ($p<0,05$),

levando à interpretação da importância da adoção de sistemas conservacionistas para a preservação da qualidade física dos solos.

Tabela 2. Análise de variância para densidade aparente do solo (g.cm^{-3}) nos diferentes sistemas de cultivo e profundidades.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	1,347436	0,449145	26,702	0,0000
Profundidade	5	0,033497	0,006699	0,398	0,8484
Trat*Prof	15	0,164307	0,010954	0,651	0,8220
erro	72	1,211075	0,016820		
Total Corrigido	95	2,756316			
CV (%) = 11,05					
Média geral: 1,1740625			Número de observações: 96		

*FV – fator de variação; GL – graus de liberdade; SQ – soma dos quadrados; QM – quadrado médio; Fc – variância calculada; Pr>Fc – probabilidade; CV – coeficiente de variação. Significativo a 5% de probabilidade ($\text{Pr}>\text{Fc} < 0,05$).

Observam-se maiores valores de densidade aparente no SI (Tabela 3) onde o trânsito de maquinário é mais intenso, promovendo o adensamento do solo, (ROSA, 2007).

No sistema convencional há maior exposição do solo às intempéries, como a gota d'água da chuva e trânsito de maquinários (REICHERT, 2007). Porém, como o CN apresentou valores iguais ao SPC e SI (neste caso até 20 cm), e estes valores de densidade não indicam compactação do solo, é possível afirmar que o SPC e SI não promoveu alterações para este atributo nesta profundidade. Processo contrário é visto no SPD, onde a proteção do solo e revolvimento mínimo com o aumento da matéria orgânica apresentou as menores médias de densidade quando comparado com o SPC (CARNEIRO, 2010).

Tabela 3. Médias para densidade aparente do solo (g/cm^3) nos diferentes sistemas de cultivo e profundidades

Tratamento	0 – 10	10 – 20	20 – 30	30 – 40	40 – 50	50 – 60
	cm					
Cerrado	1,27 b	1,27 b	1,04 a	1,18 a	1,16 a	1,16 a
SPD	0,97 a	0,97 a	1,04 a	1,04 a	1,03 a	1,03 a
SPC	1,23 b	1,23 b	1,11 a	1,11 a	1,06 a	1,06 a
SI	1,32 b	1,32 b	1,35 b	1,34 b	1,34 b	1,36 b

SPD – Sistema Plantio Direto; SPC – Sistema Plantio Convencional; SI – Sistema Irrigado. Teste de médias por Scott-Knot a 5% de probabilidade.

Mihelon et al. (2008) concluíram que o revolvimento realizado no solo a cada safra desfaz possíveis áreas adensadas na camada superficial do solo, minimizando os efeitos da

compactação nessa camada. Porém, a compactação é transferida para camadas intermediárias do perfil do solo, abaixo da profundidade atingida pelos implementos de preparo do solo.

Nota-se também que a área de plantio direto obteve as menores médias de densidade aparente, logo, uma menor compactação. A presença de matéria orgânica permite aporte de carbono orgânico e aumento da atividade microbiana, que produz canais, cavidades e galerias, resultando numa diminuição na densidade (STEINBEISS et. al, 2009).

Vale ressaltar que todos os valores de densidade no SI estão abaixo do nível crítico de qualidade proposto por Goedert et al. (2002), inferiores a $1,40\text{g/cm}^3$ ou seja, são solos com boa densidade e com capacidade de infiltração dentro dos níveis considerados adequados. Por outro lado, espera-se nos Latossolos Vermelhos do Cerrado, densidade próximas a $1,2\text{ g.cm}^{-3}$, devido à mineralogia oxidica e a formação de estruturas microgranulares. Assim, apesar dos valores corresponderem à solos de boa qualidade física, é preciso considerar as alterações que já podem ser notadas na área sob pivô de irrigação.

3.3 Estabilidade de agregados

A metodologia para se obter a estabilidade de agregados traz os valores de diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP), que determina a proporção de solo em diferentes classes de agregados e é expresso em milímetros. Este valor aumenta à medida que a porcentagem dos maiores agregados aumenta. O Diâmetro Médio Geométrico (DMG) indica o tamanho mais comum dos agregados e é expresso em milímetros (MADARI, 2005).

Observou-se diferença estatística em todas as profundidades estudadas entre o DMP do SPD e os demais sistemas de manejo, com exceção à profundidade 50-60cm (Tabela 4, Figura 3).

Tabela 4. Análise de variância para diâmetro médio ponderado (mm) nos diferentes sistemas de cultivo e profundidades.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	14.863371	4,954457	63,747	0,0000
Profundidade	5	2,399963	0,479993	6,176	0,0001
Trat*Prof	15	3,656979	0,243799	3,137	0,0006
erro	72	5,595850	0,077720		
Total Corrigido	95	26,516163			
CV (%) = 16,39					
Média geral: 1,17006250			Número de observações: 96		

*FV – fator de variação; GL – graus de liberdade; SQ – soma dos quadrados; QM – quadrado médio; Fc – variância calculada; Pr>Fc – probabilidade; CV – coeficiente de variação. Significativo a 5% de probabilidade ($\text{Pr}>\text{Fc} < 0,05$).

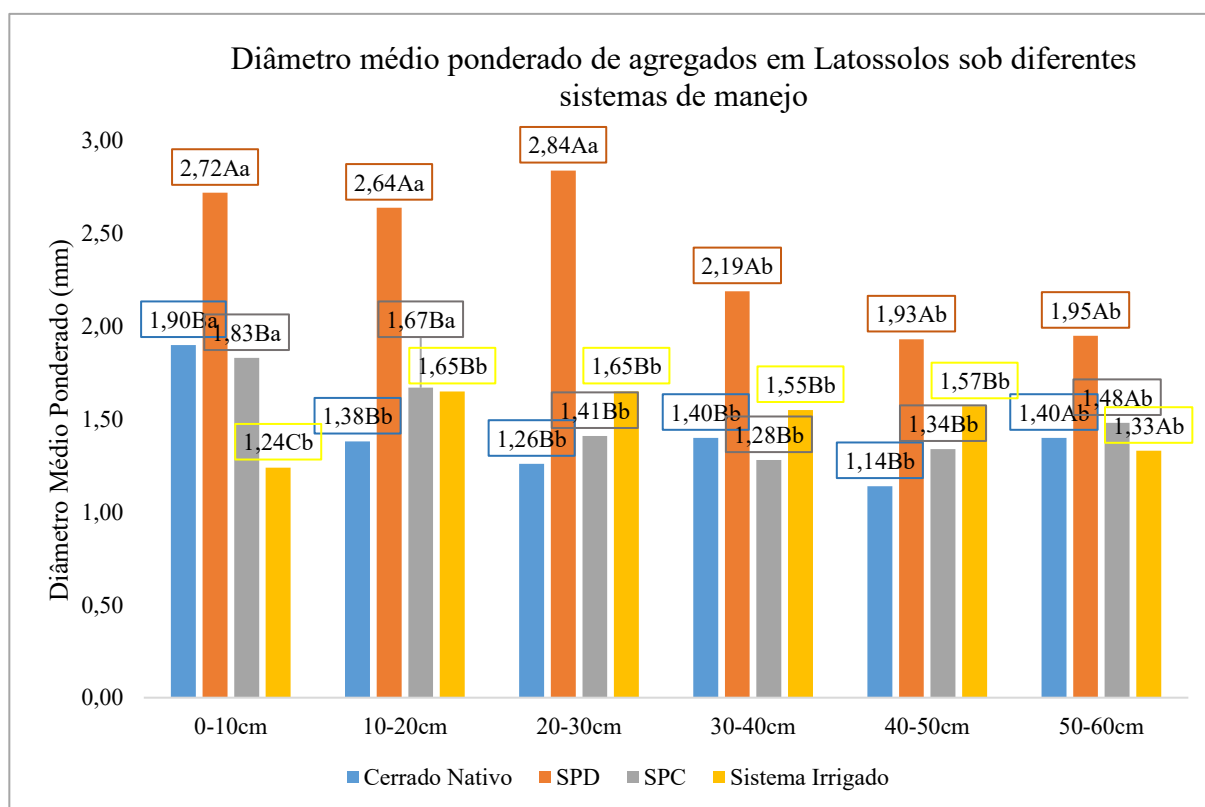


Figura 3. Diâmetro médio ponderado (DMP) nos diferentes sistemas de cultivo em seis profundidades. *Médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam os diferentes sistemas de cultivo na mesma profundidade e as minúsculas comparam as diferentes profundidades nos mesmos sistemas de cultivo.

O fato de que o SPD possui DMP superior aos demais sistemas de manejo, incluindo à mata nativa, indica uma organização mais estável das partículas do solo em agregados.. A manutenção da matéria orgânica, proporciona um ambiente mais favorável à ação de organismos e menor perturbação do solo agindo de forma positiva em relação à agregação das partículas.

A área de CN pode não estar tão otimizada para a formação de agregados maiores como o SPD, devido a diferentes padrões de acúmulo de matéria orgânica e interações biológicas, organominerais e ciclagem de nutrientes. Vale destacar, que o bioma Cerrado é conhecido por solos com baixos teores de nutrientes, matéria orgânica e elevada saturação por alumínio (que contribui para maior floculação e agregados menores). Portanto, os indicadores de qualidade destes solos precisam considerar o que ocorre naturalmente nas áreas, mesmo que para ambientes cultivados, eles não sejam interessantes. Entretanto, cada ambiente possui características específicas. Neste sentido, dados obtidos no bioma Pantanal, por exemplo, mostram que regiões de mata nativa apresentam maiores valores de DMP em relação as áreas cultivadas, mesmo quando adotado o SPD (SOUZA et al., 2015).

Ao observar os resultados obtidos de DMG, em todas as profundidades, nota-se que o SPC, SI e CN tiveram as menores médias (Tabela 5, Figura 4). Na camada 0-10 cm, o SI apresentou as menores médias, acompanhando o que foi observado e discutido para o DMP. Segundo HICKMANN et al. (2011) o DMG dos solos do cerrado apresentam médias superiores aos tratamentos SPD e SPC, fato que diverge dos resultados encontrados no presente trabalho.

Tabela 5. Análise de variância para diâmetro médio geométrico (mm) nos diferentes sistemas de cultivo e profundidades.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	16,547154	5,515718	59,711	0,0000
Profundidade	5	3,792338	0,758468	8,211	0,0000
Trat*Prof	15	4,230821	0,282055	3,053	0,0008
erro	72	6,650850	0,092373		
Total Corrigido	95	31,221162			
CV (%) = 25,63					
Média geral: 1,1856250			Número de observações: 96		

*FV – fator de variação; GL – graus de liberdade; SQ – soma dos quadrados; QM – quadrado médio; Fc – variância calculada; Pr>Fc – probabilidade; CV – coeficiente de variação. Significativo a 5% de probabilidade (Pr>Fc < 0,05).

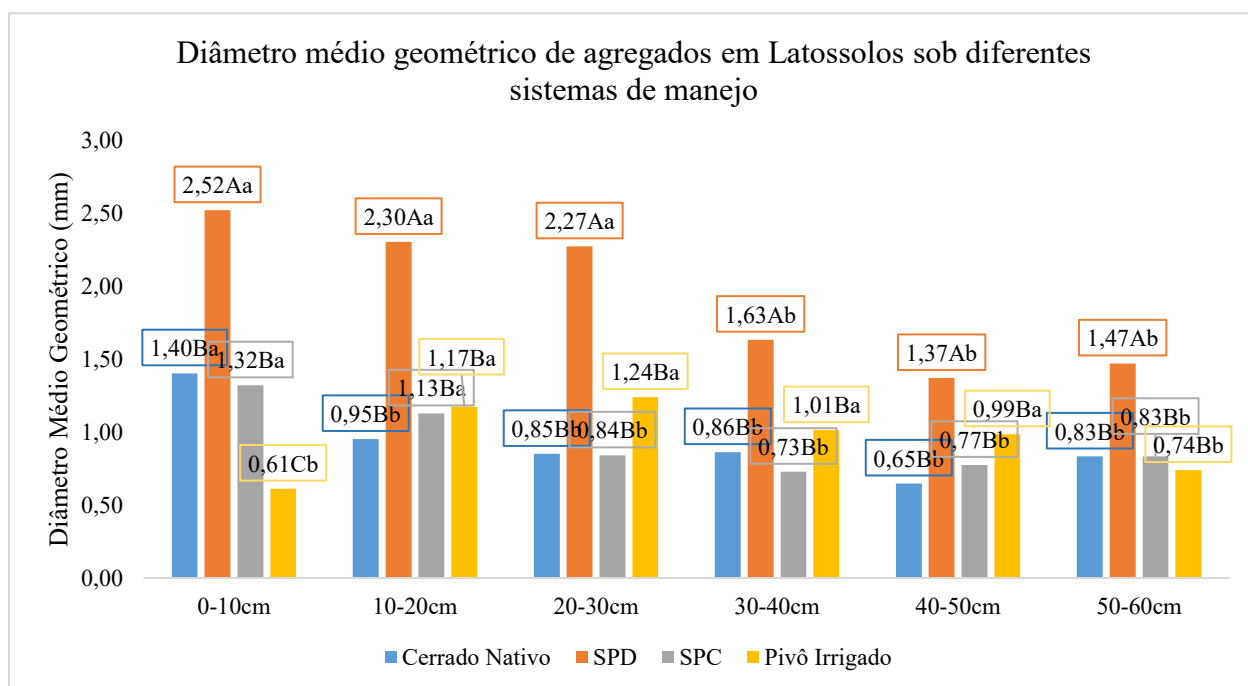


Figura 4. Diâmetro médio geométrico (DMG) nos diferentes sistemas de cultivo em seis profundidades. *Médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam os diferentes sistemas de cultivo na mesma profundidade e as minúsculas comparam as diferentes profundidades nos mesmos sistemas de cultivo.

3.4. Grau de dispersão e floculação

Nota-se que em todos os tratamentos (Tabela 6 e 7), os graus de floculação e dispersão estão dentro do nível considerado adequado ($>70\%$ de floculação e $<30\%$ de dispersão). Nas produções agrícolas ocorre o uso de calcário e gesso e naturalmente isso melhora os atributos químicos do solo, que promove um melhor desenvolvimento radicular e disponibilização de matéria orgânica (ZANFOLIN et. Al, 2015). Porém, apesar dos bons valores de floculação dos solos em estudo, os menores valores das camadas subsuperficiais são do SPC e SI, que devido ao alto revolvimento solo com maquinário causa uma fragmentação dos agregados que culmina na redução do grau de floculação (CENTURION, 2007).

Tabela 6. Médias para grau de floculação de argilas (g.kg^{-1}) nos diferentes sistemas de cultivo e profundidades CN: Cerrado Nativo; SPD: Sistema de Plantio Direto; SPC: Sistema de Plantio Convencional e SI: Sistema de Irrigação por Pivô.

Tratamento	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60
cm						
Cerrado	97,74	98,34	97,14	96,41	96,45	96,82
SPD	94,08	94,96	92,82	93,00	93,20	97,13
SPC	93,03	90,93	94,39	96,62	94,42	98,72
SI	90,92	89,88	85,52	89,62	92,96	99,70

SPD – Sistema Plantio Direto; SPC – Sistema Plantio Convencional; SI – Sistema Irrigado.

Tabela 7. Médias para grau de dispersão de argilas (g.kg^{-1}) nos diferentes sistemas de cultivo e profundidades CN: Cerrado Nativo; SPD: Sistema de Plantio Direto; SPC: Sistema de Plantio Convencional e SI: Sistema de Irrigação por Pivô

Tratamento	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60
cm						
Cerrado	2,26	1,66	2,86	3,59	3,55	3,18
SPD	5,92	5,04	7,18	7,00	6,80	2,87
SPC	6,97	9,07	5,61	3,38	5,58	1,28
SI	9,08	10,12	14,48	10,38	7,04	0,30

4. CONCLUSÃO

Os sistemas de manejo não conservacionistas mostraram qualidade física inferior ao sistema plantio direto.

De acordo com os resultados obtidos para esta classe de solo, o sistema de plantio direto tornou possível o cultivo intensivo com menores impactos nos atributos físicos do solo.

O cerrado nativo teve maior densidade e menores diâmetros médios geométricos e ponderados de agregados em relação ao sistema plantio direto. Porém, isto apenas reflete a natureza dos Latossolos do bioma cerrado. O parâmetro argila dispersa em água deixa clara a

resiliência natural destes solos à degradação promovida pelo uso com cultivos agrícolas intensivos.

5. REFERÊNCIAS

ADAMS, G. A.; KAISER, D. R.; VIERA, R. C. B. Influência de diferentes tipos de plantas sobre a estrutura do solo em plantio direto. 2016. 30 f. Tese - Curso de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, 2016.

AGUIAR, M.I.V. Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais. 2008.79 f. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas) – Universidade federal de Viçosa.

APOLINO, J. N. S.; CABEDA, M. S. V.; CARVALHO, F. G.; LIMA, G. F. W. Alterações físicas e químicas de um Argissolo Amarelo sob diferentes sistemas e uso de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10. p.126-136, 2006.

BERNARDI, A. Por que o solo é tão importante quanto a água e o ar?. EMBRAPA, 2011. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/57867457/artigo-por-que-o-solo-e-tao-importante-quanto-a-agua-e-o-ar>>. Acesso em: 10 de maio de 2023.

CARNEIRO, S. P. Qualidade de um Latossolo Vermelho sob diferentes tipos de usos e manejos em área do cerrado. 2010. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2010

CARVALHO, R.; GOEDERT, W.J.; ARMANDO, M.S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39:1153-1155, 2004

CASTRO, S. S.; HERNANI, L. C.; Solos frágeis: caracterização, manejo e sustentabilidade. Embrapa, Brasília, DF. 367 p. 2015.

CENTURION, J.F.; DEMATTÊ, J.L.I. Efeito de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, p.263-266, 2001.

CORRÊA, J.C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37,p. 203-209, 2002.

DANTSOVA, K. M; HAYES, C.; PENNINGTON, J.C.; PORTER, B. Sorption of high explosives to water-dispersible clay: influence of organic carbon, aluminosilicate clay, and extractable iron. *Journal of environmental quality*, v. 38, n. 4, p. 1458-1465, 2009.

DENARDIN, J.E. Evolução do SPD no Brasil. EMBRAPA, 2020. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/sistema-plantiodireto/fundamentos/historico/evolucao-do-spd-no-brasil>>. Acesso em: 11 de junho de 2023.

DÍAZ-ZORITA, M.; PERFECT, E.; GROVE, J.H. Disruptive methods for assessing soil structure. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam,v. 64, p. 3–22. 2002.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. Rio de Janeiro, 2017. 574 p.

FERREIRA, D.F.; Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciênc. agrotec.* [online]. 2014, vol.38, n.2 [citado 2015-10-17], pp. 109-112. Disponível em: ISSN 1413-7054

FERREIRA, D.F.; Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciênc. agrotec.* [online]. 2014, vol.38, n.2 [citado 2015-10-17], pp. 109-112. Disponível em: ISSN 1413-7054

FREITAS, F.; SISTEMA DE PLANTIO: DIRETO X CONVENCIONAL. LaborGene, 2019. Disponível em: <<https://www.laborgene.com.br/sistemadeplatio/#:~:text=O%20platio%20convencional%20utiliza%20t%C3%A9cnicas,para%20posteriormente%20efetuar%20o%20platio.>>. Acesso em: 30 de junho de 2023.

GOEDERT, W.J.; OLIVEIRA, S.A. Fertilidade do solo e sustentabilidade da atividade agrícola. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F. de; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). Fertilidade do solo. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2002. p.991-1017.

GEE, G.W.; BAUDER, J.W. Particle size analysis. In: METHODS of Soil Analysis: part I, 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p.383-411. (Agronomy 9).http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/pdfs/uso_agricola_solos_brasileiros.pdf

HICKMANN,C.; COSTA, L. M. da; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES, R. B. A. Morfologia e estabilidade de agregados superficiais de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob diferentes manejos de longa duração e mata atlântica secundária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.6, p-2191-2198, 2011.

KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (Ed.) Methods of soil analysis. Part I. Physical and mineralogical methods. Madison, WI: Soil Science Society of America, 1986. p. 425-442. (Agronomy Monograph N. 9).

MADARI, B. E.; MACHADO, P. L. O. A.; TORRES, E.; ANDRADE, A. G.; VALENCIA, L. I. O. No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Rhodic Ferralsol from southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, 2005. n. 80, p. 185-200, 2005.

MANZATTO, C.V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J. R.(ed.). Uso agrícola MAROUELLI, R. P.; O desenvolvimento sustentável da agricultura no cerrado brasileiro. Pós-Graduação (Especialização em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada, com área de concentração em Planejamento Estratégico. Brasília-DF, 2003.

MANTOVANELLI, B.C.; PETRY, M. T.; MARTINS, J. D.; CARLESSO, R. Qualidade física de solos do Brasil e aplicabilidade de métodos para estimativas de retenção de água no solo: A revisão. **Revista EDUTEC, Revista de Educação tecnológica e científica.** v: 3, n:01, p87-100, 2022.

MELO, M. L. A.; BATISTA, A. M.; ARAÚJO, G. S. S.; SILVA, B. M.; VIANA, M. C. M. Estabilidade de agregados em solo Cultivado com Capim-Tifton 85 Sob Irrigação e Formas de Suprimento de Nitrogênio. In: ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer. Goiânia. V-14, n.25. p.530-543, 2017.

MICHELON, C. J., CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; MELO, G. L.; SPOHR, R. B.; ANDRADE, J. G. de. Qualidade física dos solos irrigados de algumas regiões do Brasil Central. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol. 13, no 1, fevereiro de 2009, p. 39–45.

MORAES, M. T. Qualidade física do solo sob diferentes tempos de adoção e de escarificação do sistema plantio direto e sua relação com a rotação de culturas. 2013. 205 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, 2013.

MOTA, J. C. A.; FREIRA, A. G.; ASSIS JÚNIOR, R. N. Qualidade física de um cambissolo sob sistemas de manejo, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, n.5, p.1196-1206, 2013.

NAÇÕES UNIDAS. A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, FAO, alertou que até 2050 cerca de 90% do solo mundial pode estar degradado. **ONU News**, 3 dez. 2021. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2021/12/1773222>. Acesso em: 23 maio 2024.

OLIVEIRA, G.C.; JUNIOR, M.S.D.; RESCK, D.V.S.; CURI, N. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um latossolo vermelho distrófico argiloso sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, p.291-299, 2003.

RIBEIRO, M. T.; BARROS, M. F. C.; FREIRE, M. B. G. S. Química dos Solos Salinos e Sódicos. In *Química e Mineralogia do Solo, Parte II*. Ed. Vander de Freitas Melo e Luis Reybakdi Ferracciú Alleoni. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 1º edição, 2009. 685p.

ROSA, V.T.; ROSA, D.P.; REICHERT, J.M.; MENTGES, M.I.; KOCHHANN, R.A. & REINERT, D.J. Tempo de implantação do sistema de semeadura direta e seu efeito no fluxo de ar e água de um Latossolo argiloso sob tráfego controlado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., Gramado, 2007. Anais. Gramado, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P.C.; FABRICIO, A.C.; BROCH, D.L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista brasileira de ciência do solo**, Campinas, vol. 32, n. 1, p. 11-21, 2008.

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA. MapBiomias Brasil. MapBiomias Brasil. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 24 maio 2022.

SILVA, P. L. F. da; OLIVEIRA, F. P. de; BATISTA, A. M. de A.; BARBOSA, J. M. da S.; LIMA, A. A. da S.; LIMA, A. B. M.; DONATO, A. F. Utilização de atributos físicos e químicos como indicadores de qualidade do solo. **CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS**

SOCIALES, [S. l.], v. 17, n. 4, p. e3785, 2024. DOI: 10.55905/revconv.17n.4-055. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/3785>. Acesso em: 6 mai. 2024.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. Latossolos. EMBRAPA, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-cerrado/solo/tipos-de-solo/latossolos>. Acesso em: 12 de novembro de 2023.

SOUZA, L. D.; SOUZA, L. S.; Benefícios das coberturas vegetais para melhorar a sustentabilidade do mamoeiro. In: **SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO**, 5., 2011, Porto Seguro. Inovação e sustentabilidade: anais. Porto Seguro: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2011

SOUZA, L. H.C.; NUNES, M. C.M.; NEVES, S. M. A. S; CUIABANO, M. N.; FERREIRA, F. S.; SOUZA, A. L. Estabilidade de agregados de um latossolo Vermelho Distrófico sob diferentes usos e manejos em Lambari D'Oeste -MT. Cerrado Agrociências, Patos de Minas, UNIPAM, n.6, p. 12-13, 2015.

STEINBEISS, S.; GLEIXNER, G.; ANTONIETTI, M. Effect of biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 41, n.6, p. 1301-1310, 2009. Disponível em: DOI: 10.1016/j.soilbio.2009.03.016

TORMENA, C. A. Compactação dos solos em SPD precisa ser atenuada. Piracicaba: Visão Agrícola, 2009. 9 v. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA9-Desafios06.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2024.

THOMAZINI, A.; AZEVEDO, H. C. A. de; PINHEIRO, P. L.; MENDONÇA, E. de S. Indicadores participativos de qualidade do cafeeiro conilon e do solo em sistema agroflorestal e convencional. **Bioscience Journal**, 29(5), 1469-1478. 2013.

YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. Journal of the American Society of Agronomy, Washington, DC, v. 28, n. 5, p. 337-351. 1936.

ZANFOLIN, P. R. L.; CALONEGO, J. C.; GUERRA, W. E. X.; CATUCHI, T.; F. J., A.; GODOY JUNIOR, W., A. L. Estabilidade de agregados e grau de floclação em solos sob sistema de integração Lavoura-Pecuária com manejo físico e químico diferenciado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO. 2015, Presidente Prudente. Anais de Congresso. Natal: SBCE, 2015. p. 1-4.