

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
LEONARDO REIS DA SILVA

ARGILA DISPERSA EM ÁGUA E GRAU DE FLOCULAÇÃO EM UM LATOSSOLO
VERMELHO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO E PLANTAS DE
COBERTURA EM PRÉ-SAFRA DA CULTURA DA SOJA

Monte Carmelo-MG
2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
LEONARDO REIS DA SILVA

ARGILA DISPERSA EM ÁGUA E GRAU DE FLOCULAÇÃO EM UM LATOSSOLO
VERMELHO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO E PLANTAS DE
COBERTURA EM PRÉ-SAFRA DA CULTURA DA SOJA

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de
Agronomia da Universidade Federal de
Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como
requisito necessário para a obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Profa. Dra. Cinara Xavier de
Almeida

Monte Carmelo-MG
2024

LEONARDO REIS DA SILVA

ARGILA DISPERSA EM ÁGUA E GRAU DE FLOCULAÇÃO EM UM LATOSSOLO
VERMELHO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO E PLANTAS DE
COBERTURA EM PRÉ-SAFRA DA CULTURA DA SOJA

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de
Agronomia da Universidade Federal de
Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como
requisito necessário para a obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Monte Carmelo, 19 de abril de 2024

Banca Examinadora

Profª. Dra. Cinara Xavier de Almeida
Orientadora

Prof. Dr. Ricardo Falqueto Jorge
Membro da Banca

Profª. Dra. Andressa Giovannini Costa
Membro da Banca

Monte Carmelo - MG
2024

Sumário

RESUMO	2
ABSTRACT.....	6
1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVO	8
3. REVISÃO DE LITERATURA	8
3.1. Cultura da soja.....	8
3.2. Sistemas de manejo e preparo do solo.....	9
3.3. Plantas de cobertura.....	13
3.4. Atributos físicos do solo	16
3.5. Argila dispersa em água	16
3.6. Grau de floculação.....	17
4. MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1. Área experimental.....	18
4.2. Delineamento experimental e tratamentos	19
4.3. Argila dispersa em água e grau de floculação	20
4.4. Análises estatísticas	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5. CONCLUSÕES	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

RESUMO

Em relação aos diversos sistemas de manejo e preparo do solo, destaca-se o plantio convencional, caracterizado por utilizar técnicas e procedimentos de preparo do solo, como aração e gradagem, e o plantio direto que está relacionado ao revolvimento mínimo com o objetivo de proteger o solo de processos erosivos e é limitado ao sulco da semeadura. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o teor de argila dispersa em água e o grau de floculação de um Latossolo Vermelho, sob plantio direto e cultivo convencional, bem como plantas de cobertura na pré-safra da cultura da soja. O estudo foi realizado em uma área experimental da Universidade Federal de Uberlândia, localizada no município de Monte Carmelo-MG. O delineamento utilizado foi o de blocos em faixas com quatro repetições. Os tratamentos consistiram na combinação de dois sistemas de manejo (plantio direto e cultivo convencional) e um pousio ou cinco culturas de inverno, que foram cultivadas na pré-safra da cultura da soja, totalizando 12 parcelas por bloco experimental. Foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0 a 0,1 m, de 0,1 a 0,2 m e 0,2 a 0,3 m para a determinação da argila dispersa em água e grau de floculação. Foi realizada a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade. Os menores teores de argila dispersa em água e maior grau de floculação foram observados no solo sob plantio direto. Maiores teores de argila dispersa em água foram observados na camada de 0,20 a 0,30 m de profundidade. Os solos sob cultivo de milho e nabo forrageiro apresentaram os menores teores de argila dispersa em água, sugerindo uma melhoria na qualidade do solo.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max*, Plantio direto, Preparo convencional do solo, Adubação verde, Atributos físicos do solo.

ABSTRACT

With regard to the various soil management and preparation systems, we highlight conventional tillage, characterized by the use of soil preparation techniques and procedures, such as ploughing and harrowing, and no-till, which is related to minimal tillage with the aim of protecting the soil from erosive processes and is limited to the sowing furrow. The aim of this study was to assess the water-dispersed clay content and degree of flocculation of a red latosol under no-till and conventional cultivation, as well as cover crops in the pre-harvest period of the soybean crop. The study was carried out in an experimental area of the Federal University of Uberlândia, located in the municipality of Monte Carmelo-MG. The design used was a block design with four replications. The treatments consisted of a combination of two management systems (no-till and conventional cultivation) and a fallow or five winter crops, which were cultivated before the soybean crop, totaling 12 plots per experimental block. Soil samples were taken from the 0 to 0.1 m, 0.1 to 0.2 m and 0.2 to 0.3 m layers to determine water-dispersed clay and the degree of flocculation. Analysis of variance was carried out and the means were compared using Tukey's test at the 5% probability level. The lowest levels of water-dispersed clay and the highest degree of flocculation were observed in the soil under no-till farming. The highest levels of water-dispersed clay were observed in the 0.20 to 0.30 m depth layer. Soils under millet and turnip rape cultivation showed the lowest levels of water-dispersed clay, suggesting an improvement in soil quality.

KEYWORDS: *Glycine max*, No-till farming, Conventional soil preparation, Green manuring, Soil physical attributes.

1. INTRODUÇÃO

A produção de grãos no contexto brasileiro tem experimentado um crescimento substancial nas últimas décadas, consolidando o país como um dos principais produtores mundiais. A soja, em particular, desempenha um papel crucial nesse cenário, contribuindo significativamente para a economia nacional. É amplamente empregada na produção de proteína animal e na alimentação humana, tendo relevância econômica tanto para o mercado interno quanto para a exportação (TRENTIN, MENEZES, VENTURA., 2022).

A gestão da produção agrícola está intrinsecamente ligada a fatores como matéria-prima, tecnologia, equipamentos, custos e mão de obra, com o objetivo de assegurar a fabricação de bens em conformidade com a capacidade instalada e a demanda (SOUZA., 2020).

A soja (*Glycine Max*), classificada na classe Magnoliopsida, ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, gênero *Glycine* L., apresenta um sistema radicular difuso com um eixo principal e inúmeras raízes secundárias. Quando manejada adequadamente, essa cultura herbácea demonstra alto potencial produtivo, o que tem impulsionado seu destaque na agricultura brasileira. Além de contribuir para a economia, a soja é uma fonte alimentar de alto valor nutricional e proteico, sendo empregada em alimentos humanos e na formulação de rações para animais, além de subprodutos como óleo e farelo (BIODIESELBR, 2011).

A cadeia produtiva da soja abrange diversos produtos, como grãos de soja, óleo bruto e refinado, farelo de soja e outros óleos. Com uma rede eficiente distribuída pelo país, a soja tem se consolidado como matéria-prima relevante na produção de biodiesel. Além de seu papel na alimentação humana e animal, a soja desempenha um papel crucial em setores como couro e fertilizantes orgânicos (MAPA, 2015).

Nos últimos 30 anos, a soja tem sido a cultura agrícola de maior crescimento no Brasil, ocupando 49% da área plantada em grãos no país. Esse aumento da produtividade é resultado de avanços tecnológicos, manejo eficiente e práticas agrícolas inovadoras (EMBRAPA, 2021).

Mundialmente, a produção de soja atingiu 337,298 milhões de toneladas, com uma área plantada de 122,647 milhões de hectares e uma produtividade média de 3.362 kg por hectare no Brasil (EMBRAPA, 2021).

Para otimizar a produção e a produtividade da cultura da soja, é crucial considerar o manejo adequado, práticas conservacionistas e atributos físicos e químicos do solo. Esses fatores impactam diretamente aspectos como teor de matéria orgânica, pH, CTC, atividade microbiana, disponibilidade de nutrientes, estabilidade dos agregados, infiltração de água e conteúdo de água no solo. Tais requisitos são essenciais para promover a germinação, a

emergência das plântulas e o desenvolvimento saudável, visando aumentar a produtividade da cultura.

A avaliação da argila dispersa em água (ADA) desempenha um papel importante em estudos de agregação, erosão e qualidade do solo. Este indicador, juntamente com o grau de floculação (GF), é influenciado por diversos fatores, como mineralogia da fração argilosa, textura do solo e práticas de manejo (EMBRAPA, 2017).

2. OBJETIVO

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o teor de argila dispersa em água e o grau de floculação de um Latossolo Vermelho, sob plantio direto e cultivo convencional, e plantas de cobertura em pré-safra da cultura da soja.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Cultura da soja

A soja (*Glycine max*) é uma das culturas agrícolas mais proeminentes globalmente, destacando-se tanto no cenário nacional quanto internacional. Seu potencial de crescimento é notável, e sua importância econômica tem se fortalecido na economia brasileira, graças ao seu alto valor nutricional e à versatilidade de uso em diferentes aplicações na alimentação humana e animal. Isso não apenas gera empregos, mas também impulsiona a economia do país (MAUAD et al., 2010; CUNHA et al., 2015; BEZERRA., 2019).

A projeção da Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2023) destaca que a produção de soja atingirá uma marca recorde, estimada em 154,6 milhões de toneladas, um aumento significativo de 23,1% em relação ao ciclo anterior. Para o milho, a previsão é de 127,8 milhões de toneladas, incluindo as três safras, representando um aumento de 12,9% ou 14,6 milhões de toneladas em comparação com 2021/22.

Vale notar que cerca de 51% da área de cultivo de soja está no bioma Cerrado. Ao longo dos últimos 18 anos, a área de cultivo nesse bioma aumentou de 7,5 milhões de hectares em 2000/2001 para 18,2 milhões de hectares em 2018/2019. Durante esse período, a produtividade também aumentou em 30% (POPOV, 2020).

De acordo com Klink e Machado (2006), grande parte dos solos em áreas de cerrado é diagnosticada com baixa fertilidade natural, afetando a disponibilidade de nutrientes para o desenvolvimento das plantas e para alcançar altas produtividades. No entanto, a correção da fertilidade é possível e não impede o cultivo de soja nessas regiões.

A intensificação das atividades agrícolas e práticas de monocultivo podem causar a degradação do solo, incluindo erosão, perda de fertilidade e compactação (COSTA et al., 2018). Freitas e Mendonça (2016) observam que o potencial produtivo da soja no Brasil tem sido elevado nas últimas safras, graças ao surgimento de novas tecnologias que permitem o cultivo em novas áreas e, conseqüentemente, aumentam a produtividade.

A evolução da tecnologia de semeadura, uso de cultivares adaptadas, práticas conservacionistas e sistemas de semeadura contribuíram para a redução gradual na população de plantas de soja por hectare (ASSIS et al., 2014). A geração de tecnologias também foi um fator chave para o aumento da produção de soja no Brasil, levando o país a se posicionar como o segundo maior produtor mundial (ROESSING et al., 2005).

A soja não apenas oferece uma ampla gama de produtos ao longo da cadeia produtiva, mas também desempenha um papel vital na economia brasileira e global. No entanto, compreender e otimizar fatores como a qualidade das sementes e a saúde do solo são essenciais para garantir a sustentabilidade e a produtividade contínua desse cultivo fundamental.

3.2. Sistemas de manejo e preparo do solo

A adoção de sistemas de manejo que mantenham a proteção do solo pelo contínuo aporte de resíduos orgânicos é essencial para manutenção e/ou melhoria da estrutura do solo. Para Lal (2014), considera o solo como sendo um recurso natural não renovável na escala de vida humana, no qual está sujeito à rápida degradação e erosão e as áreas aptas para agricultura são finitas no planeta e sua utilização de maneira inadequada compromete a segurança alimentar e a qualidade do solo e meio ambiente.

Os sistemas de manejo do solo praticados até o momento têm sido capazes de atender às demandas crescentes para produção de alimentos, fibras e energia, tornando-se possível devido ao aumento do uso de insumos agrícolas e incorporação de tecnologias no campo. Por outro lado, a produtividade agrícola está diminuindo em áreas onde se predominam formas inadequadas de manejo dos solos, visto que esse mal uso do solo ocasiona a sua degradação (FAO, 2011).

No Brasil, os sistemas produtivos empregados devem ser ajustados para atender à exploração racional das terras, e a semeadura direta tem se destacado positivamente entre os sistemas de manejo, resultando em manutenção e melhoria dos atributos físicos e químicos do solo, pois se fundamenta no mínimo revolvimento do solo em sua cobertura permanente e na rotação de culturas (DENARDIN et al., 2014).

Em solo manejado sob semeadura direta, os seus atributos físicos permanecem adequados para o desenvolvimento das plantas (ANDRADE et al., 2010) e, com isso, ocorre maiores acúmulos de nutrientes e matéria orgânica no solo, quando comparado ao manejo com preparo convencional (ANDRADE et al., 2012). Resultados de pesquisa demonstram ainda que a melhor qualidade do solo em semeadura direta pode resultar em maiores rendimentos das culturas (SANTOS et al., 2006).

Apesar dos benefícios da semeadura direta, tem se observado em determinadas situações o retorno ao manejo com preparo periódico do solo, devido a problemas relacionados à compactação, pois a ausência de revolvimento combinada com o tráfego de máquinas em condições em que a umidade do solo se encontra elevada resultam na compactação do mesmo (REICHERT et al., 2003; DRESCHER et al., 2011). Também tem contribuído para esta decisão o uso de cultivos com baixa produção de biomassa vegetal para cobertura do solo (HEINRICHS et al., 2005; WOLSCHICK et al., 2016). Segundo Giacomoni et al. (2006), nas últimas décadas observou-se no Brasil um aumento expressivo na área cultivada sob plantio direto (PD).

O sistema de plantio direto é uma prática de manejo que auxilia os produtores a aumentarem a sua produtividade, além de contribuir para a conservação dos solos (SOUZA et al., 2008). Todavia Santos et al., (2000) constataam que nesse tipo de plantio o manejo do solo possui maior potencial produtivo, quando associado com as plantas de cobertura.

A ausência de revolvimento do solo, associada à maior intensidade de uso da terra, expõe o solo a intenso tráfego de máquinas em condições inadequadas de umidade e contribui para alterar a qualidade estrutural do solo, o que acarreta aumento da compactação em muitas áreas manejadas sob esse sistema (COLLARES et al., 2006 p. 1664).

Esse sistema iniciou-se em 1970 no estado do Paraná, e nos anos 90, teve uma expansão para o estado do centro-oeste, suas vantagens de baixo custo de produção, menos degradação do solo, fácil de operar, e pela sua rapidez, foi o que levou a muitos adotarem esta nova técnica, e com a ajuda de pesquisadores, produtores de sementes e alguns agricultores, foi possível melhorar esse sistema e desenvolver novas práticas relacionadas ao de plantio direto. (CRUZ et al., 2016) A grande motivação para os agricultores foi a redução de tempo e mão de obra, não

degradação do solo, a independência do uso de maquinários alugados e recuperar a competência produtiva do solo. (ALMEIDA, 2004)

O solo sob plantio direto apresenta maior densidade ocasionada pela sua reduzida movimentação, restrita à linha de semeadura e frequência de tráfego, (CAMARA et al., 2005). Porém na semeadura direta há uma maior compactação superficial que está associado ao reduzido revolvimento do solo, da acomodação natural de partículas e do tráfego contínuo de máquinas e implementos na superfície do solo (GARCIA et al., 2010), sendo esse um dos principais problemas nesse sistema de manejo, pois há uma queda no rendimento das culturas devido principalmente ao impedimento mecânico de crescimento das raízes (CAMARA et al., 2005).

Segundo Araújo (2004), o controle da compactação superficial do solo, principalmente em solos argilosos, pode impor limitações a produtividade das culturas e o mesmo quando submetido à semeadura direta pode ser feito por métodos culturais. Heinzmann (1985), afirma que as perdas de solo por erosão podem ser minimizadas, usando-se o sistema de plantio direto associado com cobertura contínua da superfície do solo. Além desses benefícios, o PD, aliado à rotação de culturas com a inclusão de leguminosas, pode favorecer o aumento dos estoques de C e N no solo e na biomassa microbiana melhorando a produtividade (GIACOMONI et al., 2006).

O sistema de preparo convencional do solo promove maior aeração, quebra dos agregados do solo e a incorporação dos resíduos vegetais, provocando rápida decomposição e perda do carbono orgânico no solo, assim como uma mineralização do nitrogênio e do fósforo orgânico existente no solo (DA SILVA, 2012).

No método mecânico, dá-se preferência para equipamentos com hastes, pois operam abaixo da camada que está compactada, possuem menor superfície de contato e apresentam menor desagregação e mobilização do solo, mantendo as vantagens do sistema de semeadura direta (VERNETTI JÚNIOR et al., 1999).

Araújo (2004), constata que o efeito da subsolagem é temporário, uma vez que a reconsolidação do solo aumenta com o volume cumulativo de precipitações. Segundo Drescher et al., (2011), a aração empregada como prática de descompactação, todavia, além de serem onerosas, não necessariamente implicam aumento de rendimento das culturas, enquanto a escarificação do solo, ao romper a camada superficial encrostada e a camada subsuperficial compactada, eleva o volume do solo, aumentando a porosidade e reduzindo a densidade do solo (DRESCHER et al., 2011).

Para Araújo (2004), a longevidade dos efeitos da escarificação é muito variável, desde poucos meses até alguns anos, a escarificação preserva grande parte dos resíduos na superfície, com pequeno impacto nos teores de matéria orgânica do solo, a escarificação do solo promove a redução da densidade e da resistência do solo, com o mínimo de movimentação do solo.

Já quando se trata de sistema convencional de preparo do solo, ele consiste na realização de uma aração, caracterizado pelo preparo primário do solo, seguida de duas gradagens para destorroamento e nivelamento (DERPSCH et al., 1991), também denominada de operações de preparo periódico secundário. O emprego desse mesmo manejo, ao longo de vários anos, poderá proporcionar a desestruturação da superfície dos solos, deixando-os mais suscetíveis a processos erosivos e à compactação, nos quais podem interferir no desenvolvimento radicular das culturas, acarretando redução na produtividade (BAUDER et al., 1981).

No sistema convencional, onde há o revolvimento superficial do solo, tem-se encontrado uma intensa decomposição da matéria orgânica, ocasionando considerável efeito prejudicial na qualidade estrutural do solo e essas alterações são evidenciadas nas propriedades físicas do solo como: densidade do solo, volume e distribuição de poros, aumento do volume de poros e permeabilidade do solo dentro da camada preparada convencionalmente, armazenamento de ar, resistência a penetração e crescimento das raízes nesta camada, em relação à semeadura direta e campo nativo (BERTOL et al., 2001).

Uma das consequências do preparo convencional é que a estrutura do solo é afetada, ocorrendo a destruição dos agregados, selamento superficial e à compactação, limitando a infiltração de água no solo e assim, prejudicando o desenvolvimento das plantas (SCALÉA, 2007). Para Castro (1989), o destorroamento excessivo que existe no preparo convencional, no qual facilita o encrostamento superficial do solo.

Ao se revolver o solo constantemente, ocorre uma alteração da agregação do solo, no qual favorece a dispersão das argilas, que retém a maior parte dos nutrientes necessários às plantas, facilitando o seu arraste pela ação da chuva e do vento, causando erosão (WÜRSCHÉ; DENARDIN, 1980).

Considera-se como preparo conservacionista aquele que proporciona a menor mobilização possível do solo, visando a preservar sua estruturação, mantendo no mínimo 30% da superfície do solo com cobertura morta, entre o período compreendido da colheita da cultura anterior e a implantação da cultura seguinte (GROHMANN & ARRUDA, 1961 e BUHLER, 1995).

Quando o solo é submetido a um sistema conservacionista, onde o preparo é realizado com escarificador, seguido ou não de gradagem, a superfície do solo apresenta-se mais rugosa

do que quando submetida ao sistema convencional com arados e grades (BERTOL et al., 2006). SCHICK et al., (2000) constataram que o sistema convencional pode apresentar uma superfície mais rugosa quando comparado ao solo mantido sem preparo por algum tempo, como é o caso do plantio direto.

Além da influência antrópica, a erosão é favorecida pelo aporte reduzido de sedimentos pelas bacias hidrográficas para a linha de costa, intensidade da atividade eólica (que retira a areia encontrada na costa para formar dunas) e energia das ondas (aumentadas com a passagem de frentes frias, correntes marinhas e mudanças climáticas). “A erosão costeira é um fenômeno natural que ocorre em várias escalas temporais e espaciais, intrínseco ao comportamento dinâmico da linha de costa, do mesmo modo que as enchentes são um fenômeno intrínseco à dinâmica fluvial”, aponta o pesquisador. A melhor atitude para o homem é conviver com estes processos avançados de erosão, embora não causem mortes devido ao tempo que levam para evoluir, são considerados acontecimentos de risco geológico (a exemplo de enchentes e deslizamentos) por conta das perdas financeiras que trazem (AMBIENTE BRASIL, 2002).

3.3. Plantas de cobertura

A adubação verde reassume um importante papel de destaque na mitigação, ou mesmo reversão dos problemas associados ao modelo de agricultura convencional predominante (CARVALHO et al., 2018). Sendo uma alternativa sustentável para a recuperação das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, melhora a fertilidade do solo, contribui para o aumento da CTC e diminuição dos efeitos tóxicos do alumínio. Ainda, ocorre incremento na mobilização dos nutrientes lixiviados, a capacidade de retenção de água e porosidade do solo (SANTOS et al., 2018).

As plantas de cobertura têm a finalidade de cobrir o solo, protegendo-o contra processos degradantes como a erosão e a lixiviação de nutrientes, porém não se limitando a isso, já que muitas são usadas para pastoreio, produção de grãos e sementes, silagem, feno e como fornecedoras de palha para o sistema de plantio direto (OLIVEIRA, 2014).

De acordo com Debiasi et al., (2010), a utilização de plantas de cobertura como forma de rotação de cultura é uma opção viável para reduzir os efeitos da compactação do solo. Elas vêm sendo utilizadas como alternativas para diversificação e desenvolvimento no potencial produtivo das áreas agrícolas, e ainda contribuindo para a manutenção e melhoria dos atributos do solo (CALEGARI et al., 2014).

A adubação verde desempenha outras funções como: favorece o aumento da porosidade do solo, diminui a densidade e resistência a penetração, sequestro e fixação de carbono, atuam como subsolador natural e protege o solo de variações de temperatura (SANCHEZ, 2012). Além disso há um incremento de diferentes organismos como inimigos naturais e espécies antagônicas às pragas, aumento da infiltração e armazenamento de água no solo, maior reciclagem de nutrientes e adição de matéria orgânica (CALEGARI et al., 2014).

Em diferentes condições edafoclimáticas, os diferentes tipos de coberturas e sistema radicular deixados no solo influenciam na quantidade de resíduos vegetais conseguindo até mesmo manter e melhorar índices que expressam esses atributos físicos do solo. Essa melhoria é oriunda da liberação de nutrientes fornecidos pelas plantas de cobertura resultando em acúmulo de matéria seca, sistema radicular e proteção da cobertura vegetal advinda da cultura antecessora (BERTOL et al., 1998).

As plantas de coberturas podem ser oriundas de qualquer espécie vegetal, e as características desejadas e prioritárias para integrar em um sistema de produção desejada são: sistema radicular profundo facilitando a reciclagem de nutrientes; elevada produção de massa seca, tanto da parte aérea quanto radicular; velocidade de crescimento e de cobertura do solo; ser agressiva e rústica; possuir baixo custo de sementes ou apresentar facilidade em sua produção; possuir efeitos alopatícos e/ou supressores em relação às plantas não cultivadas (FERREIRA et al., 2000).

Os autores Capeche et al. (2008) e Rossi et al. (2002), relatam que as plantas de cobertura aumentam as taxas de infiltração de água pelo efeito combinado do sistema radicular e da cobertura vegetal; promovem grande e contínuo acúmulo de massa vegetal ao solo, de maneira a manter, ou até mesmo elevar o teor de matéria orgânica, diminuindo a amplitude térmica e evaporação de água do solo na propriedade rural.

As leguminosas, especialmente, podem fazer parte de uma prática conhecida como adubação verde, em que a planta ou adubo verde é cultivado, ou não, com a finalidade expressa de enriquecer o solo com sua massa vegetal, quer produzida no local ou importada (KIEHL, 1979). Em culturas sucessoras como a soja, Sanchez (2012), afirma que as plantas de cobertura contribuem para o aumento de matéria orgânica e reciclagem de nutrientes. Nicoloso et al. (2008), concluíram que o uso de plantas de cobertura como forma de escarificação biológica apresentou maior rendimento de grãos de soja.

Entre as espécies de leguminosas que tem se destacado como adubos verdes, podem-se citar as crotalárias (*Crotalaria juncea* L., *Crotalaria spectabilis* Roth); o feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.); o lab-lab (*Dolichos lablab* L.); o feijão-de-porco (*Canavalia*

ensiformes DC); a mucuna anã (*Stilozobium deeringianum* Bort.) e a mucuna preta (*Stilobium aterrimum* Piper e Tracy) (PEREIRA; PERES, 1986 apud ALCÂNTARA; FURTINI NETO, 1998).

As crotalárias pertencem à família das Fabaceae e são utilizadas por técnicos, extensionistas e agricultores e constitui-se basicamente de duas espécies de crotalárias, a crotalária juncea (*Crotalaria juncea*) e *spectabilis* (*Crotalaria spectabilis*). A crotalária juncea é originária da Índia com ampla adaptação às regiões tropicais, inclusive no Brasil. São plantas arbustivas de rápido desenvolvimento inicial, de crescimento ereto e determinado, podendo alcançar até 3,5 metros de altura. Esta espécie é recomendada para adubação verde, em cultivo isolado, intercaladas com espécies perenes ou em rotação com culturas comerciais de graníferas (BRAGA.,1995).

O feijão guandu (*Cajanus cajan*) é uma espécie de Fabaceae de verão originária da África Tropical, arbustiva de porte baixo e ciclo anual. Em alguns casos apresenta ciclo bianual quando é cortado verde ou utilizado no pastejo para alimentação de animais, fenação e silagem. O guandu é uma planta rústica e resistente a seca, apresentando bom desenvolvimento radicular, descompactando solos adensados e reciclando nutrientes, especialmente o N. Produz boa quantidade de MS da parte aérea e eficiente fixação de nitrogênio (VILELA, 1998).

O labe-labe, por ser uma leguminosa de hábito de crescimento rasteiro, é indicado para intercalar com culturas perenes, produzindo ainda grande quantidade de fitomassa, mas que pode oscilar bastante, a depender das condições edafoclimáticas (BURLE et al, 2006).

O milheto *Pennisetum glaucum* (L) é uma gramínea anual que tem tido nos últimos tempos um aumento da área plantada, sobretudo nas regiões de Cerrado, pelo enorme potencial de cobertura do solo oferecido para a prática do plantio direto, bem como para o uso como forrageiro na pecuária de corte ou de leite. Para ambas as finalidades, há necessidade de um manejo cultural diferenciado e adequado (FILHO, 2010).

Outra técnica de manejo utilizada é o pousio, respeita as condições naturais da terra, as particularidades dos alimentos e o local onde eles estão plantados, pois nesse tipo de técnica onde nada é semeado (vegetação nativa) se impede o desgaste do solo já que, após o plantio de uma cultura por um determinado período, há um descanso estratégico da plantação para que o solo consiga se recuperar adequadamente.

Os ganhos em produtividade explicam-se por fatores como a exploração mais intensa do solo; o aumento da quantidade de esterco que podia ser incorporado ao sistema pela criação de animais; a fixação biológica do nitrogênio realizado pelas leguminosas e a redução da lixiviação que era muito intensa no sistema com alqueive (MAZOYER; ROUDART, 2010).

3.4. Atributos físicos do solo

O conceito de qualidade física do solo engloba o conhecimento de propriedades e processos relativos à habilidade do solo em manter efetivamente os serviços ambientais ou serviços ecossistêmicos essenciais à saúde do ecossistema (MEA, 2005), cujo estudo é realizado através de indicadores físicos da qualidade do solo responsáveis pela avaliação da sua estrutura.

Atributos como a textura, teor de matéria orgânica e estabilidade dos agregados, manejo do solo, intensidade da chuva, entre outros, podem influenciar a em fatores que aumentam o processo erosivo do solo (MARTINS FILHO et al., 2001; COGO; LEVIEN; SCHWARZ, 2003; AMARAL et al., 2008; SANTOS et al., 2013).

Os autores Cogo et al. (2003) citam ainda que a inclinação do terreno é um dos grandes fatores que influencia nas perdas de solo e água por erosão hídrica, pois segundo os autores, pois à medida que a inclinação aumenta, afeta o volume e a velocidade da enxurrada aumenta levando consigo partículas de solo, reduzindo assim o processo de infiltração de água.

Os atributos físicos do solo como densidade, macro e microporosidade e condutividade hidráulica do solo saturado também influenciam na perda de água e solo, uma vez que o comportamento destes atributos implica diretamente na infiltração de água no solo (MESQUITA; MORAES, 2004; PRIMO et al. 2015).

Em geral, o aumento no teor de argila induz o incremento na resistência tênsil dos agregados e, portanto, redução da friabilidade (KEMPER et al., 1987), o que também se observa ao reduzir proporcionalmente os teores de carbono orgânico no solo (TORMENA et al., 2008). A elevação da resistência tênsil, em razão do aumento no teor de argila, parece ser função do incremento do número de cargas elétricas, o que favorece a formação de ligações entre partículas minerais e/ou partículas minerais e orgânicas (IMHOFF, 2002).

Segundo Dufranc et al. (2004) os principais agentes ligantes em dois Latossolos Vermelhos em sistema de plantio direto, a comunidade bacteriana, os teores de ferro e de potássio e a matéria orgânica. Por outro lado, alguns autores atestam que os óxidos de ferro exercem pouca ou nenhuma influência na agregação do solo (MUGGLER et al., 1997), ou que o efeito desses agentes agregantes é devido à sua interação com a matéria orgânica do solo e/ou teor de argila (GUÉRIF, 1990).

3.5. Argila dispersa em água

O termo argila natural ou argila dispersa em água (ADA) caracteriza a porção da argila total que possui a capacidade de se dispersar facilmente na presença de água (VAN LIER, 2010)

e essa dispersão dos solos está relacionada aos cátions presentes e às suas concentrações no complexo de troca, associados às valências, raio iônico e camada de hidratação.

De acordo com o Manual de Métodos de Análise de Solo (2017), a avaliação da ADA é utilizada comumente para estudos relacionados à agregação e à erosão, e mais recentemente como indicador de qualidade de solo. Por meio da argila dispersa em água, pode-se calcular o grau de flocculação e a ADA varia com alguns fatores como a mineralogia da fração argila, a textura do solo e o uso e manejo do solo, tendo como princípio a dispersão mecânica lenta em água, seguida da separação da fração argila por sedimentação do silte, medição da fração argila por meio de pesagem e secagem na estufa (método padrão), ou da densidade da suspensão.

As argilas dispersivas possuem um desequilíbrio nas forças eletroquímicas, o que gera repelência, ganhando mobilidade no solo e se mantendo flocculadas quando em contato com a presença de água, unindo-se por forças eletroquímicas (DEXTER; CZYZ, 2000).

A ADA pode se transloucar de um horizonte para outro durante o seu transporte (SILVA; CABEDA; LIMA, 2005), deixando alguns horizontes mais ricos em argilas, e com isso, pode promover o entupimento de microporos, reduzindo assim a infiltração de água e a livre aeração (MEURER et al. 2004).

Segundo Coser et al. (2007), o requisito básico para todos os métodos de análise textural é a obtenção da dispersão das partículas de menor tamanho presentes no solo (silte e argila) e sua manutenção durante toda etapa analítica (laboratoriais), no que envolve uma série de processos químicos e físicos, sendo que, um bom método de dispersão deve empregar energia suficiente para romper as forças que produz conferindo estabilidade aos agregados do solo.

3.6. Grau de flocculação

Como previsto no Manual de Métodos de Análise de Solo (2017), o grau de flocculação é a relação entre a argila naturalmente dispersa e a argila total, obtida após dispersão. Indica a proporção da fração argila que se encontra flocculada, informando sobre o grau de estabilidade dos agregados.

O fenômeno da dispersão/flocculação dos coloides de partículas de solo está associado ao balanceamento entre as cargas negativas e positivas, sendo influenciada pela textura, mineralogia, pH e sais solúveis. A dispersão é favorecida pela predominância de cargas negativas, enquanto o balanceamento dessas cargas, propicia a aproximação entre os coloides de argila, culminando no processo de flocculação e formação dos micros agregados, sendo um

fenômeno extremamente importante do ponto de vista pedogenético e estrutural do solo (BORDAM, 2010).

A identificação e o desenvolvimento de sistemas de manejo de solo adaptados às condições edafoclimáticas, sociais e culturais regionais é uma das principais metas da pesquisa quando se trata em manejo de solos (COSTA et al., 2003). A relação entre o manejo e a qualidade ambiental do solo pode ser avaliada pelo comportamento das propriedades físicas (DORAN; PARKIN, 1994).

SEYBOLD et al. (1999) citam ainda que o efeito do manejo sobre as propriedades físicas do solo é altamente dependente da sua textura, na qual influencia diretamente na resistência e resiliência do solo a determinada prática agrícola.

Além desse atributo, o conhecimento da ADA e do grau de flocculação são essenciais para estudos conservacionistas, já que o primeiro contribui para formação de camadas adensadas/compactadas e o segundo está relacionado à agregação das partículas do solo.

Segundo Kohnke (1968, apud DUFRANC et al., 2004, p. 506) a agregação do solo possui grande importância para o uso agrícola do solo, uma vez que está relacionada com a aeração do solo, desenvolvimento radicular, suprimento de nutrientes, resistência mecânica do solo à penetração, retenção e armazenamento de água.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área experimental

O estudo foi realizado no Campus Araras, da Universidade Federal de Uberlândia, em Monte Carmelo, MG, a 18°43'31'' S de Latitude e 47°31'21'' W de Longitude, com altitude média de 908 m e predominância do tipo climático Cwa, clima quente, inverno seco, temperatura média acima de 22° C no mês mais quente e abaixo de 18° C no mês mais frio, além de menos de 30 mm de chuva no mês mais seco.

O solo da área experimental foi classificado, de acordo com os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2013), como um LATOSSOLO VERMELHO, textura argilosa e relevo plano.

Antes da implantação do experimento, foram coletadas amostras de solo de 0-20 cm para determinação de análises químicas, e também foram realizadas operações de preparo do solo, plantio direto e convencional.

4.2. Delineamento experimental e tratamentos

Cada unidade experimental correspondeu a uma área de 5 m de comprimento por 5,6 m de largura. As bordaduras das parcelas corresponderão ao primeiro metro (1 m) inicial e final do comprimento e ao 1,4 m das laterais, ficando a área útil de cada parcela com 8,4 m².

O delineamento utilizado no experimento foi o de blocos em blocos com quatro repetições. Os tratamentos serão constituídos pela combinação de dois sistemas de manejo (sistema de semeadura direta e cultivo convencional) e um pousio ou cinco culturas de inverno, que serão cultivadas na pré-safra da cultura da soja, totalizando 12 parcelas por bloco experimental.

As sequências de culturas de inverno, semeadas na pré-safra da cultura da soja e repetidas em todos os anos nas mesmas parcelas, serão: crotalária (*Crotalaria juncea*), sorgo (*Sorghum bicolor*), feijão guandu (*Cajanus cajan*), milheto (*Pennisetum americanum*), e lab-lab (*Dolichos lablab*). A soja (*Glycine max*) será semeada em outubro utilizando-se o espaçamento de 0,45 m entrelinhas.

As adubações para a cultura da soja foram realizadas de acordo com a análise química do solo e recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo para o Estado de Minas Gerais - CFSEMG (1999). O controle de plantas daninhas foi realizado com herbicidas, em pós-emergência inicial das plantas daninhas. O corte das plantas de cobertura foi realizado quando as espécies atingirem 50% de floração.

Em relação ao tratamento de sementes foram utilizados Ciantraniliprole((0,06 g p.a. kg⁻¹ de sementes); Tiametoxan(0,7 g p.a. kg⁻¹ de sementes); Fungicidas Thiabendazol (0,15 g p.a. kg⁻¹), Metalazil-M (0,02 g p.a. kg⁻¹), Fludioxonil(0,025 g p.a. kg⁻¹). Antes da semeadura a semente recebeu um tratamento com micronutrientes cobalto e molibdênio e inoculante sólido turfoso Nodu Soja 10T[®] (80 g saca de sementes⁻¹).

4.3. Argila dispersa em água e grau de flocculação

A análise granulométrica e de argila dispersa em água foram realizadas segundo metodologia da EMBRAPA (2017). Início da colheita da soja: Coletou-se o solo nas camadas de 0-10 cm; 10-20 cm e 20-30cm totalizando 144 amostras, ambas foram acondicionadas ao ar livre (TFSA), posteriormente destorroadas e passadas por um conjunto de 3 peneiras de malhas diferentes, e em seguida as amostras foram colocadas na embalagem e identificadas. Pesou-se 50 g de solo (TFSA), a amostra foi colocada na garrafinha de 500 ml e foi adicionado água e colocada no agitador por 16 horas. Após as 16 horas a solução foi colocada na proveta com um funil e completada até a marca de 1000 mL. Feito isso foi agitou-se as amostras por 1 minuto e pipetou 25 ml dessa amostra e colocou na latinha de alumínio na estufa a 105° C.

O grau de flocculação foi calculado a partir dos dados de argila dispersa em água, conforme a equação a seguir:

$$GF = 100 \frac{(A - ADA)}{A} \quad (1)$$

Em que:

GF = grau de flocculação (%),

A = argila total e

ADA = argila dispersa em água

4.4. Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F), seguindo esquema em faixas com dois fatores. Quando o valor de F for significativo a 5 % de probabilidade, as médias serão submetidas ao teste de Tukey, também a 5 % de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre os sistemas de manejo e as plantas de cobertura para os teores de argila dispersa em água (ADA) e também para o grau de floculação (GF). Entretanto, observou-se que os menores valores de ADA foram registrados no plantio direto (163 g kg^{-1}), enquanto o plantio convencional teve uma média de 170 g kg^{-1} de ADA, com um coeficiente de variação de 9,6%.

Os menores valores de GF foram observados no cultivo convencional (71%), enquanto o plantio direto teve uma média de 73% de GF. Nas três profundidades analisadas, o grau de floculação variou de 71% a 72%. De acordo com Lemos e Silva (2005) e Fagundes et al. (2019), a floculação desempenha um papel crucial na regulação da erosão, promovendo a formação de agregados estáveis que aumentam a permeabilidade do solo e favorecem o crescimento da vegetação. Dessa forma, o entendimento das propriedades físicas do solo é fundamental para o manejo do solo e das práticas agrícolas, permitindo aos agricultores tomarem as melhores decisões para a manutenção da qualidade física do solo com reflexos positivos na produção das culturas. Assim, estudos avaliando a eficácia de sistemas de manejo no Cerrado são bastante importantes. É possível identificar o sistema mais conservador, ou seja, aquele que proporciona maior preservação das características do solo e, conseqüentemente, de sua capacidade produtiva, reunindo informações sobre os resultados de diversas práticas de manejo utilizadas quanto às características de solos cultivados com culturas de significativa expressão econômica para a região, como a soja.

Houve interação significativa para os valores de argila dispersa em água somente para os tratamentos de cobertura com lab-lab e o pousio nas diferentes profundidades, (Tabela 1).

Observou-se que o lab-lab apresentou os maiores valores de ADA em relação aos demais tipos de cobertura, apresentado as melhores medias de ADA a 10-20 cm. Enquanto o pousio e o milho apresentaram medias inferiores de ADA comparada as plantas de cobertura, sendo que o Pousio apresentou maiores medias de ADA a 20-30 cm de profundidade.

Tabela 1. Valores médios de argila dispersa em água (ADA, g kg⁻¹) e grau de floculação (GF, %) nos sistemas de plantio direto e cultivo convencional em diferentes plantas de cobertura e profundidade do solo

	ADA				GF ^{ns}			
	0-10 ^{ns}	10-20	20-30 ^{ns}	<i>Média</i>	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	<i>Média</i>
Crotalária ^{ns}	169	166AB	178	<i>171AB</i>	72	71	70	<i>71</i>
Feijão G. ^{ns}	166	164AB	164	<i>165AB</i>	71	74	72	<i>72</i>
Lab-Lab	164a	185bB	177ab	<i>175B</i>	73	70	71	<i>71</i>
Milheto ^{ns}	157	158A	168	<i>161A</i>	74	72	72	<i>73</i>
Nabo ^{ns}	156	164AB	164	<i>162A</i>	71	73	73	<i>73</i>
Pousio	164a	150aA	183b	<i>166AB</i>	72	74	69	<i>72</i>
<i>Média</i>	<i>163a</i>	<i>165ab</i>	<i>172b</i>		<i>72</i>	<i>72</i>	<i>71</i>	

^{ns}: não significativo; valores seguidos por mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A ADA é uma medida que indica a proporção de partículas de argila que se separam e dispersam em água, formando coloides em suspensão. Valores mais elevados nessa medida indicam uma maior dispersão das partículas, o que tem implicações para a estrutura do solo, afetando características como a infiltração de água e a compactação. Vale ressaltar que os valores médios de ADA apresentam variações entre diferentes tipos de plantas de cobertura e conforme a profundidade do solo. Essas variações podem oferecer indícios sobre como diferentes práticas de manejo e tipos de cobertura influenciaram a estabilidade estrutural do solo.

Os valores de ADA exibem diferenças entre as diversas plantas de cobertura, sugerindo que a escolha da cobertura vegetal utilizada nos sistemas de cultivo pode ter impactos na distribuição das partículas de argila. Essas diferenças possivelmente estão associadas às características físicas e químicas das raízes, resíduos vegetais e interações entre as plantas de cobertura e o solo.

Além disso, é interessante notar que os valores de ADA também variam conforme a profundidade do solo, refletindo as diferentes características do solo ao longo do perfil. O aumento dos valores de ADA ou a diminuição à medida que se aprofunda no solo, é um

indicativo dos processos de redistribuição de partículas e agregados à medida que avançam pelo perfil.

Não houve diferenças significativas para nenhum dos tratamentos quanto avaliado o grau de floculação (Tabela 1). O GF é uma medida que indica o quão bem as partículas do solo se agregam para formar agregados maiores. Valores mais elevados de GF indicam uma melhor agregação das partículas. Assim como os valores de ADA, os valores médios de GF também variam para diferentes combinações de plantas de cobertura e profundidades do solo. Isso sugere que diferentes práticas de gestão e tipos de cobertura podem influenciar diretamente a formação e a estabilidade dos agregados do solo.

Esses resultados refletem como diferentes tipos de plantas de cobertura, juntamente com a profundidade do solo, afetaram a estabilidade das partículas de argila e a formação de agregados no solo. Essa compreensão é essencial para o manejo agrícola e a conservação do solo, fornecendo aos agricultores uma direção na tomada de decisões embasadas sobre práticas que possam afetar a estrutura e a qualidade do solo.

Observa-se que áreas em pousio, sem presença de matéria orgânica, demonstram valores menores de ADA. Esses resultados corroboram a constatação de Silva et al. (2006) e Silva et al. (2020), os quais evidenciaram que sistemas culturais sem revolvimento do solo têm menor dispersão.

À medida que a profundidade do solo aumenta, observa-se um leve incremento na quantidade de ADA, atingindo um valor máximo de 20 g kg^{-1} . Essa observação pode ser explicada pela redução da quantidade de material orgânico na camada de 10 a 20 cm.

Adicionalmente, os teores de argila aumentam com a profundidade do solo, um comportamento possivelmente relacionado à transferência de argila da camada A para a camada B. Nota-se que os valores de ADA e GF não apresentaram diferenças substanciais entre os diversos tratamentos.

A tendência da argila de se dispersar e suspender em água pode ocorrer naturalmente devido à atividade da argila ou ser intensificada pela intervenção humana. Contudo, a resposta do solo a forças desagregadoras depende de suas características químicas, físicas e mineralógicas. Martinez, Marotta e Mangas (2021) afirmam que a dispersão do solo está relacionada à interação das cargas elétricas na superfície dos coloides, podendo ser causada por substituição isomórfica permanente ou dissociação de radicais, variável e dependente do pH. Esses processos impactam diretamente a composição e agregação do solo. Dessa forma, os valores de ADA podem também estar relacionados ao efeito cumulativo de sódio e potássio na camada superficial (0 a 10 cm), onde os fertilizantes são aplicados. Tais substâncias,

consideradas dispersantes, podem estar presentes em concentrações superiores às dos floculantes, o que favorece a dispersão (ERTHAL et al., 2010; TAVARES et al., 2022).

O cultivo de diferentes espécies vegetais em rotação em sistemas agrícolas favorece a agregação (VEZZANI, MIELNICZUK, 2009; SALOMÃO et al., 2020). Diversas plantas de cobertura, como *Crotalaria juncea*, Milheto, Lab-Lab, *Avena strigosa schreb.*, *Secale cereale*, Nabo-Forageiro, *Raphanus sativus* foram avaliadas quanto à estabilidade dos agregados, destacando-se o efeito positivo dessas espécies na formação dos agregados comparativamente ao cultivo convencional (SOUSA NETO et al., 2008; LOSS et al., 2015; LOSS et al., 2020).

5. CONCLUSÕES

Não houve interação entre os sistemas de manejo e as plantas de cobertura para os teores de argila dispersa em água e grau de floculação. Os menores teores de argila dispersa em água e maior grau de floculação foram observados no solo sob plantio direto. Maiores teores de argila dispersa em água foram observados na camada de 0,20 a 0,30 m de profundidade. O solo sob cultivo de milheto e nabo forrageiro apresentaram menores teores de argila dispersa em água, sugerindo uma melhoria na qualidade do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCANTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E. Universidade Federal de Lavras/MG **Adubação verde na recuperação da fertilidade de um solo degradado**. Lavras/MG, 1998. 104p.
- Ambiente BRASIL. **Erosão modifica contorno do litoral da região nordeste**. 2002. Disponível em: <https://noticias.ambientebrasil.com.br/clipping/2002/01/11/3301-erosao-modifica-contorno-do-litoral-da-regiao-nordeste.html#:~:text=Al%C3%A9m%20da%20influ%C3%Aancia%20antr%C3%B4pica%20a,frentes%20frias%20C%20correntes%20marinhas%20e>. Acesso em: 30 mar. 2021.
- ARAÚJO, M. A. et al. Sistemas de manejo e relações hídricas do solo na produtividade da cultura de soja em Ponta Grossa – PR. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.5, p.403-412, Sept./Oct. 2009.
- ASSAIANTE, B. A. S.; CAVICHIOLI, F. A. A utilização de veículos aéreos não tripulados (VANT) na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 1, p. 444-455, 2020.
- BEUTLER, A. N. et al. Influência da compactação e do cultivo de soja nos atributos físicos e na condutividade hidráulica em latossolo vermelho. **Revista Irriga**, Botucatu v. 8, p. 242-249, set./dez. 2003.
- BEZERRA, R. S. Qualidade sanitária de sementes de soja comercializadas na safra 2018/2019. Orientadora: Solange Maria Bonaldo. 2019. 41 f. **TCC (Graduação em Agronomia)** - Universidade Federal do Mato Grosso, Sinop, 2019.
- BIMBATO, N. T. **Uso do permeâmetro tipo Guelp para a obtenção da permeabilidade em uma área potencial para implantação de aterro de resíduos sólidos não perigosos**. Universidade Federal do Espírito Santo-UFES. p 73, Vitória, 2014.
- BIODIESELBR. **Potencial da soja na produção de biodiesel**. 2011. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/biodiesel/potencial-soja-producao-biodiesel-28-11-06>. Acesso em: 05 maio 2021.
- BIRELLO, A.C. et al. Nodulação e crescimento de raízes de soja em função da escarificação e da gessagem. **Anais... VII Congresso Brasileiro de Soja-MERCOSOJA 2015**, p 3, Londrina-PR, 2015.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. **Método Genealógico**. In: BORÉM, A. Melhoramento de Plantas. Viçosa: Ufv, 2005. p. 237-243.
- BRAGA, N. R. et al. Instruções agrícolas para o estado de São Paulo – **Boletim Nº200**. 6ª edição. Instituto Agrônomo de Campinas. 1995. p. 77-78.
- BROWN, V. et al. Efeitos no solo e nas culturas após vinte anos de cultivo convencional e semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, PE, UFRPE, p.7, 2018.

BURLE, M. L. et al. **Caracterização das espécies de adubo verde**. In: CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F., Org. Cerrado: adubação verde. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 369p. il. color. ISBN 85- 7075-027-8.

CARNEIRO, J. S. et al. Supercalagem: alterações em atributos químicos de um Latossolo Vermelho amarelo distrófico. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 16, n. 1, p. 31-38, 2018.

CARVALHO, F. L. C. et al. Adubação Verde contribuindo no Desenvolvimento Rural Sustentável no Projeto de Assentamento Indiana - Município de Araguatins – TO/ Amazônia Legal. **Revista de Extensão do IFTO**, v. 2, n.2, p. 25-37, 2018.

CHAVES, R. G. **Sistemas de manejo e velocidade de semeadura da soja**. Universidade Federal de Grande Dourados – UFGD. Dourados-MS, p 48, 2015.

CLINE, M. Origin of the term Latosol. **Soil Science Society American Proceeding**, 39: 162, 1975.

COLLARES, G. L. et al. Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília**, v.41, n.11, p.1663-1674, nov. 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília: Conab, 2017. (Compêndio de Estudos Conab, v.4).

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Perspectivas para a Agropecuária**. Brasília: Conab, 2018. (Compêndio de Estudos Conab, v.6).

COSTA, F.S. et al. Propriedades físicas de um latossolo bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de ciência do solo**. p.527-535, 2003.

COSTA, T. G. A. et al. Dinâmica de Carbono do Solo em Unidade de Conservação do Cerrado Brasileiro sob diferentes fitofisionomias. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 4. p. 306-323, 2018.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; DUARTE, A. P. **Milho Safrinha 2009**. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fya0krse02wx5ok0pvo4k3mp7ztkf.html>>. Acesso em: 12 nov. 2016.

DONEGA, A. J.; SANTOS, E. L.; Produtividade de soja em função da cultura antecessora e do manejo do solo. **Revista Cultivando o Saber**. p. 76-87, 2015.

DUFRANC, G. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos relacionados com a estabilidade de agregados em dois latossolos em plantio direto no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.505-517, 2004.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo** / Paulo César Teixeira ... [et al.], editores técnicos. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.: il. Color.

EMBRAPA. **Soja**. Disponível em:

<<https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 05 maio 2021.

FAGUNDES, M. O. et al. Qualidade de um latossolo sob plantio convencional e sistema plantio direto no cerrado baiano, Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 3, p. 281-297, 2019.

FILHO, A. C. et al. Métodos de preparo do solo: alterações na rugosidade do solo. **Revista Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.27, n.1, p. 229-237, jan./abr. 2007.

FILHO, I. A. P. et al. **Circular Técnica 29**: Manejo da cultura do milheto. Sete Lagoas/MG. EMBRAPA, 2010.

GOEDERT, W. J.; COSTA, E. A.; SOUSA, D. M. G. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v.41, n.7, p.1185-1191, jul. 2006.

GOFFI, M. et al. Produtividade e retorno econômico da cultura da soja com tecnologia Intacta. **Agrarian Academy**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.4, n.7; p. 380, 2017.

GUARÇONI M, A. et al. **Recomendação de adubação e calagem**. 2019.

GUÉRIF, J. Factors influencing compaction-induced increases in soil strength. **Soil & Tillage Research**, v.16, p.167-178, 1990.

HENZ, F. M.; ROSA, H. A.; Produtividade da soja após cultivo de plantas de cobertura de inverno. **Revista cultivando o saber**. ISSN 2175-2214, p. 204-210, 2017.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. EMBRAPA. Londrina: Embrapa Soja, 70p, 2014.

IMHOFF, S. D. C. Indicadores de qualidade estrutural e trafegabilidade de Latossolos e Argissolos Vermelhos. Piracicaba: ESALQ/USP, 2002. 94p. **Tese Doutorado**.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Soil quality indicator properties in mid-Atlantic soils as influenced by conservation management. **Journal of Soil Water Conservation**, v.55. p.69-78, 2000.

JUNIOR, J. C. C. Efeito de fertilizantes de liberação gradual de nutrientes na dinâmica do nitrogênio no solo e na produção da cultura do milho (Zea mays). **Grau de Mestre em Agroecologia, Instituto Politécnico de Bragança**, 2020.

KELLOG, C.E. Preliminary suggestions for the classification and nomenclature of great soil groups in tropical and equatorial regions. **Commonwealth Bureau of Soil Science**. Technical communications, 46: 76-85, 1949.

KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C.; DEXTER, A. R. Cohesion development in disrupted soils as affected by clay and organic matter content and temperature. **Soil Science Society of America Journal**, v.51, p.860-867, 1987.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: CERES, 1979. 262 p.

LEMOS, C. F.; SILVA, E. T.; Comparação das características morfológicas, mineralógicas, químicas e físicas do solo entre áreas de cultivo com plantio direto e plantio convencional. Revista Acadêmica: **Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v.3, n.1, p.11-18, jan./mar. 2005.

LEMOS, R.C. Latolização. In: **Processos de formação dos grandes grupos de solos**. ETA. Projeto Purdue 55. URMG – Universidade de Purdue. Escola Superior de Agricultura. Viçosa - MG, 1966. 21p. (mimeogr.)

LOSS, A. et al. Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.39, n.4, p.1212-1224, 2015.

LOSS, A. et al. Efeito da sucessão ou rotação de culturas sobre a fertilidade do solo após sete anos de cultivo com cebola. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 16587-16606, 2020

MACHADO, A. L. S. Efeito de diferentes plantas de cobertura sobre atributos físicos de um latossolo sob preparo convencional e na produtividade da soja. **Trabalho de conclusão de curso** (graduação)-Universidade Federal da Fronteira Sul-UFFS, Cerro Largo, RS, p. 52, 2017.

MARTINEZ, H. E. P.; MAROTTA, J. J. L.; MANGAS, I. B. **Relações solo-planta: Bases para a nutrição e produção vegetal**. Editora UFV, 2021.

MARTINI, A. F. et al. Benefícios das plantas de cobertura e adubos verde para o solo. **Anais... 3º Simpnósio de Agronomia e Tecnologia em Alimentos - AGROTEC**, p. 5, 2016.

MARTINS, E. de S.; COUTO JUNIOR, A. F.; VASCONCELOS, V. Zoneamento agrogeológico como ferramenta para o manejo regional da fertilidade de solos agrícolas tropicais. In.: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM**, 3., 2016, Pelotas. Anais... Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília, DF: Embrapa Cerrados; Assis, SP: Triunfal, 2017., 2017.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **Os sistemas agrários sem alqueive das regiões temperadas, A primeira revolução agrícola dos tempos modernos**. In. História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea. [tradução de Cláudia F. Falluh Balduino Ferreira]. – São Paulo: Editora UNESP; Brasília, DF: NEAD, 2010. cap. 8, p.353-396.

MEA - Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystem and human well-being: Synthesis**. Washington: Island Press, 2005. 137p.

MUGGLER, C. C.; PAPE, T. H.; BUURMAN, P. Laser grain-size determination in soil genetic studies 2. Clay content, clay formation, and aggregation in some Brazilian Oxisols. **Soil Science**, v.162, p.219-228, 1997.

OLIVEIRA, L. A.; MARTINS, F. P.; PEDROSO, L. B.; Estudo comparativo entre condutividade hidráulica e textura de latossolos arenosos na microbacia do córrego pirapitinga, município de Ituiutaba/MG. Ituiutaba, MG, p 12.

OLIVEIRA, L. E. de. Plantas de cobertura: Características, benefícios e utilização. Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2014, 62p. Monografia.

OLIVEIRA, T. P. et al. Atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 5, p. 72-78, 2017.

ORMOND, A. T. S. **Sistemas de Semeadura e Manejo do Solo no desenvolvimento da cultura da Soja**. 2013. 74 f. **Dissertação** (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis, 2013.

POPOV, D. **Desmatamento associado à soja no Cerrado está em queda, diz estudo**. 2020. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/projeto-soja-brasil/noticia/desmatamento-associado-a-soja-no-cerrado-esta-em-queda-diz-estudo/>. Acesso em: 05 abr. 2021.

QUEIROZ, D. M. et al. (Ed.). **Agricultura digital**. Oficina de Textos, 2022.

REDIN, M. et al. **Livro de Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil**: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. Capítulo 1- Plantas de cobertura de solo e agricultura sustentável: espécies, matéria seca e ciclagem de carbono e nitrogênio. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, UFRGS, p 7-22, 2016.

ROCHA, B. G. R. et al. Sistema de semeadura cruzada na cultura da soja: avanços e perspectivas. **Revista de Ciências Agrárias**, p. 376-384, 2018.

SAGRILO, A. D. et al. Variação da regulação das aletas na aplicação de calcário. **Revista Técnico-Científica**, 2019.

SALOMÃO, P. E. A. et al. A importância do sistema de plantio direto na palha para reestruturação do solo e restauração da matéria orgânica. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 1, p. e154911870-e154911870, 2020.

SANTIAGO, F. S.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; PINHEIRO, M. R. A. Atributos do solo em sistemas de cultivo irrigado agroecológico e convencional no Semiárido do Rio Grande do Norte. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n. 2, p. 176-185, 2018.

SANTOS, C. F. B. et al. Influência da Adubação Verde na Qualidade de Bulbos de Cultivares de Cebola. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 2, p. 01-10 2018.

SANTOS, L. N. S. et al. Avaliação de alguns atributos físicos de um latossolo vermelho amarelo sob diferentes coberturas vegetais. **Revista Original Article**. Uberlândia, v. 26, n. 6, p. 940-947, Nov./Dec. 2010.

SAWYER, D. et al. Perfil do Ecossistema: **Hotspot de biodiversidade do cerrado**. 2018.

SCHOSSLER, T. R. et al. Condutividade hidráulica em campo e laboratório sob diferentes sistemas de manejo em Latossolo Amarelo. **Revista ciência do solo para que e para quem – Anais... XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, Florianópolis, SC. p 4, 2013.

SÉGALEN, P. **Les sols ferrallitiques et leur répartition géographique**. Tome 1.

Introduction générale. Les sols ferrallitiques: leur identification et environnement immédiat. Paris, éditions de l'ORSTOM. Collection Études et Thèses. 1994. 197p.

SILVA, A. J. N. da; CABEDA, M. S. V.; CARVALHO, F. G. Matéria orgânica e propriedades físicas de um Argissolo Amarelo Coeso sob sistemas de manejo com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande. Vol. 10, n. 3 (jul./set. 2006), p. 579-585, 2006.**

SILVA, J. M. D. et al. Variabilidade espacial dos atributos físicos em um latossolo sob plantio direto e preparo convencional no plantio da soja no cerrado. **Revista Ciências Agrárias, Belém, n. 50, p. 167-180, jul./dez. 2008.**

SILVA, P. C. et al. Matéria orgânica e acidez em um latossolo vermelho cultivado com sorgo sacarino sob níveis de vinhaça. **Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 8, p. 59103-59114, 2020.**

SOARES, M. B. et al. Use of cover crops in the southern Amazon region: what is the impact on soil physical quality? **Geoderma, v. 384, p. 114796. 2021.**

SOUSA NETO, E. L. et al. Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.43, n.2, p.255-260, 2008.

TAVARES, D. D. et al. Agregação e coeficiente de vulnerabilidade estrutural de um Latossolo sob plantio direto e adubações nitrogenadas e potássicas. **Scientia Plena, v. 18, n. 7, 2022.**

TEIXEIRA, P. C. et al. **Manual de métodos de análise do solo**. EMBRAPA. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 573 p, 2017.

TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J.; ROSSI JUNIOR, W. Resistência tênsil e friabilidade de um Latossolo sob diferentes sistemas de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, p.33-42, 2008.**

TRENTIN, D., MENEZES FILHO, A. C. P., VENTURA, M. V. A. Análise das modalidades de permuta, equidade e financiamento de insumos na cultura da soja no Brasil. **Revista Brasileira de Ciências, 1 (12), 83–95. 2022.**

VANDA-SEBASTIÃO, J. S. et al. Aplicação de doses crescentes de calcário por incubação nos solos da chianga-huambo, Angola. **Revista Cubana de Química, v. 31, n. 2, p. 258-282, 2019.**

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.35, p.213-223, 2011.**

VILELA, H. **Escolha de Espécie Forrageira**. Formação de Pastagens. CPT. Viçosa. 98p. 1998.