

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

**JORDHANNA MARILIA SILVA**

**DENSIDADE E POROSIDADE TOTAL DE UM LATOSSOLO VERMELHO EM  
FUNÇÃO DE DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO E DE CULTURAS EM PRÉ-  
SAFRA NA PRODUÇÃO DE SOJA**

**Monte Carmelo - MG  
Novembro - 2019**

**JORDHANNA MARILIA SILVA**

**DENSIDADE E POROSIDADE TOTAL DE UM LATOSSOLO VERMELHO EM  
FUNÇÃO DE DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO E DE CULTURAS EM PRÉ-  
SAFRA NA PRODUÇÃO DE SOJA**

Plano de Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao curso de Agronomia da  
Universidade Federal de Uberlândia,  
*Campus* Monte Carmelo, como requisito  
necessário para a obtenção do grau de  
Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cinara Xavier de  
Almeida.

**Monte Carmelo - MG  
Novembro - 2019**

**JORDHANNA MARILIA SILVA**

**DENSIDADE E POROSIDADE TOTAL DE UM LATOSSOLO VERMELHO EM  
FUNÇÃO DE DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO E DE CULTURAS EM PRÉ-  
SAFRA NA PRODUÇÃO DE 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 Engenheira Agrônoma.

Monte Carmelo, 21 de Novembro de 2019

Banca Examinadora

---

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Cinara Xavier de Almeida  
Orientadora

---

Prof. Dr. Jair Rocha do Prado  
Membro da Banca

---

Prof. Dr. Ricardo Falqueto Jorge  
Membro da Banca

**Monte Carmelo - MG  
Novembro - 2019**

***DEDICO** este trabalho primeiramente a Deus, autor do meu destino e companheiro de todos os momentos. Aos meus pais Edinamar e Saulo, que lutaram ao meu lado para que esse sonho fosse realizado, a minha vitória também é de vocês.*

## AGRADECIMENTOS

Essa fase da minha vida é muito especial e não poderia deixar de agradecer a Deus pelo dom da vida e por nunca me abandonar nos momentos de dificuldades. Por guiar o meu caminho de acordo com o Vosso desejo, de Pai Celestial. Eterna gratidão!

Agradeço a Nossa Senhora Aparecida, minha mãezinha, a qual tantas vezes recorri a ela para solicitar força, sabedoria e paciência para realizar esse sonho, e através da minha fé consegui concluir essa etapa!

A minha mãe Edinamar César, mulher de fé que depois de Deus foi a minha maior incentivadora estando ao meu lado e não deixando com que desistisse dos meus sonhos.

Ao meu pai Saulo de Tarso, pelo exemplo de vida que batalhou por anos para proporcionar a boa educação de suas filhas renunciando seus desejos e sonhos para realizarem os nossos.

Agradeço aos meus pais, pelos ensinamentos de valores essenciais na vida de um ser humano como honestidade, humildade e superação. Hoje se tornei a pessoa que sou, devo graças a vocês.

As minhas irmãs Luna Clara e Bruna Cássia de quem tenho muito orgulho, tornaram-se mulheres fortes e com muito caráter. Obrigada por toda ajuda e companheirismo!

Em especial ao meu irmão Marco Lívio, meus avôs Sebastião Tavares e João Miguel e a minha querida tia Edilamar Natália “*in memoriam*” que nos deixou a tão pouco tempo, agradeço pelos momentos em que convivemos juntos! A saudade é grande e aperta o coração, porém o que nos fortalece é a certeza de que estão ao lado do nosso Pai Celestial, e aplaudindo essa conquista em minha vida, como sempre faziam!

A minha avó Deuslita Miranda e demais familiares, que são pessoas importantes na minha vida, me dando todo o amor e apoio necessário.

A minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cinara Xavier de Almeida, pela constante ajuda e auxílio na construção desse trabalho. Obrigada pela amizade, apoio, paciência, dedicação e contribuição na minha formação.

Aos professores membros da banca Prof. Dr. Ricardo Falqueto Jorge e Prof. Dr. Jair Rocha do Prado, pelas sugestões e contribuições ao trabalho.

Agradeço ao Prof. Dr. Bruno Nery Fernandes Vasconcelos, por toda ajuda, ensinamento amizade e incentivo, durante a minha permanência no grupo PET – Agronomia Monte Carmelo.

Meu reconhecimento e agradecimento a Universidade Federal de Uberlândia *Campus* Monte Carmelo, e a todos os professores do curso de Agronomia pela elevada qualidade e excelência do ensino.

Agradeço aos colegas Iago Radamés, Isabela Rodrigues, Leonardo Reis, Luana Pena Mariana Aureliano, Pedro Joel e demais integrantes do grupo de Pesquisa em Física Aplicada a Qualidade do Solo e da Água (QSOA) pela colaboração na execução do trabalho e disposição na obtenção de dados.

A todos os meus amigos do curso de graduação, obrigada por dividirmos momentos especiais e únicos. Hoje percebo, que só consegui chegar ao final desta etapa porque em meu caminho pude contar com a presença de pessoas especiais como vocês!

A minha amiga Larissa Bortolo, agradeço por me ajudar nos momentos em que mais precisei estando ao meu lado no decorrer da graduação. Desde o início do curso, traçamos metas e conseguimos alcançá-las trabalhando sempre juntas! E que possamos continuar nossa amizade dividindo experiências, dúvidas, alegrias, tristezas e tudo o que vier!

Agradeço ao Programa de Educação Tutorial (PET) pela oportunidade em fazer parte deste projeto durante a minha graduação e as amizades que construí durante o percorrer deste tempo. Meus sinceros agradecimentos pela convivência e companheirismo.

A todos que, de alguma forma, tenham feito parte da minha vida, enriquecendo o meu caminho e contribuindo direta ou indiretamente para a minha formação!

*Vocês foram o meu esteio e alicerce!*  
*Sem vocês eu não teria chegado até aqui!*  
*Minha sincera e eterna gratidão!*

*“Sem sonhos, a vida não tem brilho. Sem metas, os sonhos não têm alicerces. Sem prioridades, os sonhos não se tornam reais”.*

*(Augusto Cury)*

## RESUMO

Os sistemas de cultivos são compostos por práticas de manejo associadas a uma determinada lavoura com o intuito de melhorar a produção utilizando um conjunto de atividades e operações. Em relação aos diversos sistemas de preparo do solo, destaca-se o plantio convencional, característico por utilizar técnicas tradicionais de preparo do solo, como aração e gradagem e o plantio direto, no qual o solo está sempre coberto por restos culturais e ocorrência de mínimo revolvimento, proporcionando assim, uma melhor qualidade física, química e biológica do solo. Diante desse contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar a densidade, a porosidade total e a produtividade da cultura da soja em um Latossolo Vermelho argiloso, em função de diferentes sistemas de preparo e manejo do solo e do cultivo de culturas em pré-safra. O experimento foi desenvolvido na área experimental da Universidade Federal de Uberlândia, Unidade Araras, Campus Monte Carmelo-MG. Em abril de 2018 foi realizada a semeadura das espécies de plantas de cobertura sendo a crotalária (*Crotalaria juncea*), nabo-forrageiro (*Raphanus sativus* L.), feijão-guandu (*Cajanus cajan* L.), milheto (*Pennisetum americanum* L.), lab-lab (*Dolichos lablab* L.) e pousio (sem semeadura de plantas de cobertura). O preparo do solo foi realizado em setembro e em outubro foi realizada a semeadura da soja, cultivar *NS 7667 Ipro*. Para análise dos atributos físicos, foram coletadas amostras indeformadas de solo nas camadas de 0,0-0,10 m e 0,10-0,20 m, utilizando cilindros de metal, as quais foram saturadas em água, pesadas e posteriormente levadas à estufa. Na camada de 0,0-0,10 m, não houve diferenças em relação aos sistemas de preparo e manejo adotados para a densidade do solo. Na camada 0,10-0,20 m, o plantio convencional contribuiu para maior densidade do solo, com valor médio de  $1,31 \text{ g cm}^{-3}$ . Já para a porosidade total, observou-se que crotalária e feijão-guandu contribuíram para um maior volume total de poros em ambas as camadas. Verificou-se maior produtividade no sistema plantio direto. Diante disso, a determinação dos atributos físicos do solo é de grande importância para conhecimento do solo e aplicação de práticas de manejo adequadas.

**Palavras-Chave:** plantio direto, plantio convencional, atributos físicos, plantas de cobertura, *Glycine max*.



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Análise química do solo da área experimental da Universidade Federal de Uberlândia localizada na unidade Araras no <i>campus</i> Monte Carmelo/MG, na camada de 0-0,20 m.....	11
<b>Tabela 2.</b> Resumo da análise de variância e valores p considerando o efeito de sistemas de manejo e de diferentes culturas de inverno na densidade e porosidade total do solo.....	12
<b>Tabela 3.</b> Densidade do solo em função dos sistemas de manejo nas camadas de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m.....	23
<b>Tabela 4.</b> Porosidade total do solo em função de diferentes culturas de inverno, nas camadas de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m.....	24
<b>Tabela 5.</b> Resumo da análise de variância e valores p considerando o efeito de sistemas de manejo e de diferentes culturas de inverno na produtividade da cultura da soja.....	25
<b>Tabela 6.</b> Produtividade da soja em função dos sistemas de manejo.....	13

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVOS.....	12
2.1. Objetivo geral .....	12
2.2. Objetivos específicos .....	13
3 REVISÃO DE LITERATURA .....	13
3.1. Constituição e propriedades físicas do solo .....	13
3.1.1. Porosidade total do solo.....	14
3.1.2. Densidade do Solo .....	15
3.2. Cultivo de soja, plantio convencional e plantio direto.....	15
3.3. Plantas de cobertura .....	17
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
4.1. Descrição da área experimental .....	18
4.2. Delineamento experimental e tratamentos.....	19
4.3. Determinação da densidade do solo e porosidade total .....	21
4.4. Determinação da produtividade da cultura da soja .....	22
4.5. Análises estatísticas.....	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
6 CONCLUSÕES .....	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	26

## 1 INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, os produtores rurais acreditavam que o preparo ideal do solo era aquele caracterizado por apresentar técnicas intensas de revolvimento, como aração e gradagem. Entretanto, é válido ressaltar, que a adoção dessa técnica, culminou em altos gastos com o preparo do solo, tendo como consequência, a elevação dos custos de produção.

Assim sendo, o plantio convencional, antes da semeadura das culturas, utiliza técnicas tradicionais de preparo do solo, como aração e gradagem, tendo como objetivo básico o fornecimento de boas condições para o plantio e emergência das culturas (ALVARENGA; CRUZ; VIANA, 2008). Por outro lado, esse sistema vem a cada dia sendo substituído pelo uso do plantio direto, uma vez que, devido ao revolvimento do solo, há uma redução do estoque de matéria orgânica, da estabilidade dos agregados e conseqüentemente há a deterioração da qualidade física do solo.

O sistema de plantio direto é uma técnica usada para o manejo do solo, a qual consiste na semeadura de culturas, perante uma cobertura morta, constituída por restos vegetais originados de culturas antecedentes. Nesse procedimento, as operações de preparo primário do solo, com o uso de arados e grades pesadas são eliminadas do processo de produção, mantendo assim a palhada intacta sobre a superfície do solo antes e depois do plantio. Nessa técnica, a palha e os restos vegetais têm por finalidade proteger o solo, do impacto direto das gotas de chuva, do escoamento superficial da água, e, por sua vez, dos processos erosivos (CRUZ et al., 2008).

No Brasil, a soja é destaque entre as principais *commodities*, sendo uma vez, a principal cultura em extensão de área e volume produzido. Segundo o levantamento da safra brasileira de grãos 2019/2020 divulgado em setembro de 2019 pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), a produção nacional de soja atingiu 115 milhões de toneladas, ficando 3,6% abaixo do volume colhido em 2017/2018, porém houve crescimento na área plantada de 2,1% o que corresponde ao plantio de 35,9 milhões de hectares (CONAB, 2019).

O sistema de semeadura direta na cultura da soja foi um dos primeiros a se difundir, e em 2011/12 já ocupava área maior do que o convencional (CAMARGO; ANGELO; OLIVETTE, 2016). Em estudo realizado por Ubida (2017), foi verificado que a cultura da soja semeada após o níger (*Guizotia abyssinica*) e consórcio de milho com braquiária teve como resultado, uma alta produtividade em torno de 5340 kg ha<sup>-1</sup>, o que se justificou devido às boas condições climáticas e da fertilidade do solo da região a qual a cultura foi instalada, da sucessão da cultura e do manejo do solo, com ausência de revolvimento.

As plantas de cobertura possuem como principal finalidade a cobertura do solo, a fim de protegê-lo contra principalmente, a ocorrência de processos erosivos e a lixiviação de nutrientes, além de fornecerem palhada para o sistema de plantio direto, evitando a evaporação de água e aumentando dessa forma o conteúdo de matéria orgânica do solo. Essas plantas, constituem-se sobretudo, como alternativa para elevar a sustentabilidade dos sistemas produtivos (LAMAS, 2017).

As diferentes propriedades físicas do solo podem sofrer alterações em relação ao manejo ao que o mesmo é submetido, assim, podendo ser degradadas pelo constante uso incorreto do solo, como o excessivo revolvimento através de implementos e pelo tráfego de maquinário agrícola que são utilizados no preparo convencional, provocando assim, aumento da densidade e diminuição da porosidade total do solo (SOARES et al., 2016).

Segundo Costa et al. (2015) a camada de palha na superfície do solo atua como atenuadora da compactação. Diante disso, ao avaliar os atributos físicos do solo na integração lavoura-pecuária em sistema de plantio direto, em um Latossolo Vermelho, concluíram que ao longo do tempo, os sistemas conservacionistas obtiveram como resultado a redução da densidade do solo e incremento da porosidade total e da macroporosidade, nas camadas de 0,0-0,10 e 0-10,0-20 m do solo.

Em estudo realizado por Torres et al. (2015), avaliando atributos físicos de um Latossolo Vermelho cultivado com plantas de cobertura em sistema de semeadura direta, observou a diminuição da densidade do solo, na camada de 0,10-0,20 m, para os solos sob o cultivo de crotalária, milho e sorgo, o que ocasionou aumento da porosidade total, comprovando assim, que esses sistemas provocaram reestruturação e estabilização da estrutura do solo, uma vez que o mesmo apresentava histórico de uso com mais de 20 anos de cultivo de milho e soja em rotação, utilizando o plantio convencional.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Estudar o efeito de diferentes sistemas de manejo e o cultivo de plantas de cobertura em pré-safra na qualidade física do solo, mediante avaliação de indicadores físicos e na produtividade da soja.

## 2.2. Objetivos específicos

- i. Verificar o efeito das plantas de cobertura, crotalária (*Crotalaria juncea*), nabo-forrageiro (*Raphanus sativus* L.), feijão-guandu (*Cajanus cajan* L.), milheto (*Pennisetum americanum* L.), lab-lab (*Dolichos lablab* L.), pousio (sem semeadura de plantas de cobertura) e de sistemas de manejo (plantio direto e plantio convencional) na densidade do solo e porosidade total nas profundidades de 0,0-0,10 m e 0,10-0,20 m.
- ii. Avaliar a produtividade total da cultura da soja, em relação a diferentes sistemas de manejo.

## 3 REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1. Constituição e propriedades físicas do solo

Em sua revisão Batista, Paiva e Marcolino (2018) relataram que, o solo é definido como o resultado do conjunto de processos mecânicos, químicos e biológicos que acarreta na separação e decomposição das rochas ao longo de um tempo em um determinado relevo, bioma ou clima. Um solo ideal para o bom crescimento das plantas, segundo Lepsch (2002), de uma maneira geral, é constituído por 50% de uma matriz sólida, compreendida por 45% de minerais e 5% de matéria orgânica e um espaço poroso ocupado por 25% de água e 25% de ar.

Os Latossolos se caracterizam por apresentar avançado estágio de intemperismo devido à intensivas transformações ocorridas no material de origem, que culminaram em uma baixa fertilidade natural. Entretanto, possuem boa estruturação física, decorrente da elevada estabilidade dos agregados, mediante atuação dos óxidos de ferro e alumínio que compõe a fração argila, baixa densidade do solo, alto volume de macroporos e elevada friabilidade favorecendo assim, o seu manejo (OLIVEIRA et al., 2004).

A distribuição quantitativa das partículas sólidas do solo, com ênfase para areia, silte e argila formam a textura do solo, a qual é determinada pela análise granulométrica, sendo essa uma das características físicas mais importantes, uma vez que, exerce grande influência em outros atributos físicos do solo como, a estrutura, a densidade e a porosidade refletindo assim, no armazenamento e na disponibilidade de água para as plantas (AGUIAR, 2008; MICHELON, 2005).

Por sua vez, o material orgânico do solo é constituído por materiais originários de resíduos vegetais em diferentes estágios de decomposição que podem estar distribuídos, em proporções e formatos variados. Afirmam Petrere e Cunha (2010), que a matéria orgânica exerce grande influência nas propriedades químicas e físicas do solo, uma vez que, atua como agente cimentante, realizando a união das partículas minerais, resultando na formação de agregados estáveis que levam à estruturação do solo tornando-o mais poroso.

Diante disso, é possível ressaltar, que o solo é o alicerce dos sistemas de produção agrícola, mas que devido às alterações a que é submetido, mediante atividades antrópicas irregulares, podem ocorrer alterações em suas propriedades físicas (BERTOL et al., 2010), levando-o à degradação. Portanto, é necessário adotar alternativas que darão ao solo condições ideais para o bom crescimento e desenvolvimento das culturas, possibilitando às mesmas o ideal suprimento de água, oxigênio e nutrientes, em todas as suas fases de desenvolvimento.

### **3.1.1. Porosidade total do solo**

A porosidade total do solo pode ser definida como a fração do volume total de um determinado volume de solo suscetível de ser ocupada por água e/ou ar, com ausência de partículas sólidas (TEIXEIRA et al., 2017).

Esse atributo físico exerce grande influência na infiltração de água e na condutividade hidráulica do solo (COSTA; ALVES; SOUSA, 2015). Além disso, apresenta grande importância para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, visto que, interfere na aeração, condução de água, resistência do solo à penetração das raízes e, conseqüentemente, na nutrição das culturas (WENDLING et al., 2012).

Diante disso, Silva, Cezar e Nóbrega (2011) afirmam que o solo ideal é aquele que apresenta volume e tamanho de poros adequados para possibilitar a entrada, movimentação e retenção de água e ar, a fim de atender às necessidades das culturas agrícolas possibilitando o seu estabelecimento e desenvolvimento, na área a qual serão cultivadas.

Pereira et al. (2011), ao avaliar a qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico textura média, submetido ao plantio convencional e ao plantio direto com presença e ausência de plantas de cobertura (crotalária, milho e lab-lab) em pré-safra da cultura do milho e da soja, durante 11 anos, verificaram que a porosidade total do solo foi maior no sistema de plantio direto. Ainda nesse trabalho, foi observado aumento da macroporosidade no sistema convencional nas duas primeiras camadas avaliadas (0-0,05 e 0,05-0,10 m) devido, segundo aos autores, às operações de preparo do solo que ocasionaram um maior adensamento das camadas superficiais.

### 3.1.2. Densidade do Solo

A densidade do solo é expressa como a massa por unidade de volume de solo seco, no qual inclui partículas sólidas e o espaço poroso (BRADY; WEIL, 2013). Esse atributo físico, serve como indicador do grau de compactação do solo, assim como ferramenta para mensurar as alterações que ocorrem na estrutura e porosidade do solo (REINERT; REICHERT, 2006).

Práticas inadequadas de manejo podem aumentar a densidade do solo, comprometendo assim o desenvolvimento das culturas (LIMA et al., 2007). Alterações nesse atributo físico implicam a diminuição da qualidade do solo para o crescimento radicular das culturas, diminuição da aeração e mudanças indesejáveis no comportamento da água, como redução da infiltração (MONTANARI, 2015).

Em estudo realizado por Araújo, Goedert e Lacerda (2007), ao avaliarem os atributos físicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes usos, observaram que maiores valores para a densidade do solo foram registrados na camada superficial em áreas sob pastagem plantada e cultivo convencional, devido segundo os autores, ao constante pisoteio dos animais e trânsito de máquinas e implementos agrícolas na área em estudo.

### 3.2. Cultivo de soja, plantio convencional e plantio direto

A soja (*Glycine max* L.) é uma oleaginosa, pertencente à família Fabaceae, a qual se caracteriza por ser uma das culturas de maior expressividade econômica no mundo. Esse fato, pode ser atribuído a diversos motivos, como por exemplo, a consolidação do grão como importante fonte de proteína vegetal para atender a crescentes demandas dos diversos setores ligados à produção de subprodutos como o farelo de soja, que irá constituir a matéria-prima essencial para a fabricação de rações destinadas ao consumo animal e a geração e oferta de tecnologias, que viabilizaram a expansão da cultura para as diversas regiões do mundo (HIRAKURI; LAZZAROTO, 2014).

De origem asiática de onde é cultivada há mais de cinco mil anos, a soja foi introduzida no Brasil em 1882, onde começou a ser cultivada primeiramente na Bahia e posteriormente em São Paulo e em 1914, já estava sendo produzida no Rio Grande do Sul (MANDARINO, 2017).

Assim sendo, a partir dos anos de 1970, a produção da soja passou a ter grande relevância para o agronegócio brasileiro, verificada pelo aumento das áreas cultivadas e, principalmente, pelo incremento da produtividade (SILVA; LIMA; BATISTA, 2011).

É de grande valia ressaltar, que a máxima produtividade da soja é definida pela interação entre a planta, ambiente de produção e as diversas formas de manejo utilizado, como o plantio direto e o plantio convencional (MAUAD et al., 2010). Sabe-se que o solo, quando passa a ser cultivado, sofre degradação em seus atributos físicos, químicos e biológicos de tal maneira que reflete no desenvolvimento das culturas agrícolas. A intensidade dessa degradação depende grandemente das condições nas quais esse manejo é realizado (CRUZ; ALVARENGA; PEREIRA FILHO, 2006).

O plantio convencional do solo consiste em duas etapas de preparo, onde a primeira delas é baseada na utilização de maquinários agrícolas pesados como arados e grades com o objetivo principal de realizar a incorporação de corretivos, fertilizantes, resíduos vegetais ou para a descompactação de camadas superficiais e a segunda etapa, que se baseia na operação de destorroamento e de nivelamento da camada arada de solo (ALVARENGA; CRUZ; VIANA, 2008).

Diante disso, o preparo do solo com máquinas e implementos pesados pode causar forte impacto na estrutura do solo, provocando erosão, reduzindo os níveis de matéria orgânica e formando, ao longo do tempo, uma camada compactada em subsuperfície, que pode inviabilizar o cultivo. Portanto, deve-se buscar alternativas de preparo que possibilitem alta eficiência das culturas, com baixo custo e que causem pouca degradação ao solo (ORMOND, 2013).

Nesse sentido, uma das práticas conservacionistas do solo é o uso do plantio direto, que além de ser sustentável têm contribuído atualmente para a redução dos problemas que o plantio convencional acarreta. É válido ressaltar que nesse tipo de manejo, há um mínimo revolvimento no qual se restringe apenas ao sulco de semeadura realizado por máquinas especializadas apenas com o objetivo de proporcionar o contato da semente com a terra (FANCCELLI; DOURADO NETTO, 2000). Vários benefícios são observados, podendo se estender de médio a longo prazo, como o controle da erosão, maior aproveitamento da água disponível pelas plantas, aumento da porosidade total do solo e assegura maior probabilidade na obtenção de rendimentos mais elevados por proporcionar condições favoráveis ao desenvolvimento das culturas (PEREIRA, 1998).

Debiasi et al. (2010), avaliando o efeito de plantas de coberturas e da descompactação mecânica do solo sobre o desempenho das culturas da soja e do milho, em sistema de plantio direto, concluíram que a produtividade média da soja, na área escarificada, foi inferior à observada na área de plantio direto. Segundo os autores, a escarificação prejudicou a germinação e o estabelecimento das plântulas de soja, o que pode ser atribuído, em partes, a elevada



macroporosidade, onde nessas condições a água será drenada rapidamente, ocasionando menor retenção de água no solo e desfavorecendo assim, o contato solo-raíz.

### 3.3. Plantas de cobertura

De acordo com Lamas (2017), as plantas de cobertura possuem como finalidade primordial, proteger o solo contra a lixiviação de nutrientes, além de serem utilizadas para o pastoreio, produção de grãos e sementes, e, fornecedoras de palha para o sistema de plantio direto.

A planta para ser utilizada como cobertura do solo deve apresentar certas características que influenciarão na sua escolha, como fácil estabelecimento, rápido crescimento e tolerância ao estresse hídrico, proporcionar rápida e alta produção de biomassa seca e boa cobertura do solo (BOGIANI; FERREIRA, 2017).

Os efeitos benéficos dessa massa vegetal em relação às características físicas do solo se concentram em proteger o mesmo contra o impacto das gotas de chuva, diminuindo perdas por erosão contribuindo assim para a sua conservação. Além disso, devido ao aumento da porosidade é possível observar uma melhoria na estrutura do solo (WUTKE et al., 2007).

Dentre as plantas de cobertura, as leguminosas pertencente à família das Fabaceae, são consideradas mais vigorosas, pois apresentam baixa relação carbono/nitrogênio (C/N) em sua massa vegetal, o que favorece uma maior decomposição favorecendo a mineralização e a liberação de nutrientes reciclados preexistentes no solo (WUTKE et al., 2007). Além disso, essas plantas têm a capacidade de fixar o nitrogênio molecular ( $N_2$ ) tornando o mesmo disponível para as plantas através de formas assimiláveis, como o nitrato ( $NO_3^-$ ). Entre as bactérias fixadoras de nitrogênio, o grupo dos rizóbios é muito diverso e se associa com espécies vegetais da família das Fabaceae através da simbiose, formando nas raízes estruturas especializadas denominadas nódulos onde ocorre todo o processo de fixação biológica de nitrogênio (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2007).

Atualmente, entre as diversas leguminosas utilizadas para a adubação verde na região dos Cerrados, Teodoro et al. (2011) destacam em suas pesquisas: crotalárias (*Crotalaria juncea* e *Crotalaria. spectabilis*), mucuna cinza e preta (*Mucuna nivea*, *Mucuna aterrima*, respectivamente), lab-lab (*Dolichos lablab*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e guandu-anão (*Cajanus cajan*).

Algumas espécies de gramíneas pertencentes a família das Poaceae, têm merecido destaque como uso de plantas de cobertura, uma vez que possuem alta capacidade de acumular

elevadas quantidades de matéria verde mesmo em solos com baixa fertilidade. Apresentam elevado desenvolvimento radicular superficial, favorecendo a atividade dos microrganismos benéficos ao solo (BARRADAS, 2010).

Diante disso, o milheto é o melhor exemplo dentre essas espécies. Trabalhos mostram que a palhada do milheto no solo, reduz a incidência de alguns fungos na cultura da soja como, cancro-da-haste (*Diaporthe phaseolorum* sp. *meridionalis*) e de mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), responsáveis por ocasionar quedas de produtividade nas culturas que são suscetíveis a essas doenças (OLIVEIRA; MARTINS NETTO; SILVA, 2013).

Segundo Anselmo, Costa e Sá (2014), na família das Poaceae (gramíneas) as principais espécies utilizadas são milheto (*Pennisetum glaucum* L.), sorgo (*Sorghum bicolor*), braquiária (*Brachiaria* spp.), aveia (*Avena* spp.), arroz (*Oryza* spp.), trigo (*Triticum* spp.) e milho (*Zea mays*). Destaca-se ainda, o crambre (*Crambe abyssinica*), pertencente à família das Brassicaceae e dentre as Asteraceae o girassol (*Helianthus annuus*).

Outra espécie de grande importância no uso de plantas de cobertura, mas que embora não pertença a família das Fabaceae ou Poaceae, é o nabo-forrageiro (*Raphanus sativus* L), uma planta anual pertencente à família das Brassicaceae. Segundo Barros e Jardine (2017), o nabo-forrageiro possui raízes bem robustas que descompactam o solo, possibilitando um preparo biológico do mesmo. Além disso, apresenta alta capacidade de ciclagem de nutrientes, é tolerante ao estresse hídrico o que o torna uma opção de cultivo para o outono e inverno, desenvolve-se razoavelmente bem em solos com problemas de acidez, e apresenta satisfatória resistência a doenças e pragas, não requerendo muito preparo do solo para seu cultivo.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Descrição da área experimental

O estudo foi realizado no Campus Araras, da Universidade Federal de Uberlândia, em Monte Carmelo, MG, com coordenadas 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, 2018), como um LATOSSOLO VERMELHO, textura argilosa e relevo plano.

A área era cultivada anteriormente com café por longo período e há três anos vem sendo cultivada com a cultura da soja. Antes da implantação do experimento, foram coletadas amostras de solo para determinação de análises químicas, na camada de 0-0,20 m (Tabela 1).

**Tabela 1.** Análise química do solo da área experimental da Universidade Federal de Uberlândia localizada na unidade Araras no *campus* Monte Carmelo/MG, na camada de 0-0,20 m

Parâmetro	Extrator	Unidade	Teor*
P	Mehlich 1	mg dm <sup>-3</sup>	18,80
K <sup>+</sup>	Mehlich 1	mg dm <sup>-3</sup>	102,0
Ca <sup>2+</sup>	KCl 1 mol L <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	3,60
Mg <sup>2+</sup>	KCl 1 mol L <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,20
Al <sup>3+</sup>	KCl 1 mol L <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,0
H + Al	SMP	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,90
Soma de Bases		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	5,08
CTC efetiva (t)		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	5,08
CTC pH 7,0 (T)		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	6,98
Saturação por bases (V)		%	73,0
Saturação Al <sup>3+</sup> (m)		%	0,0
M.O.		dag kg <sup>-1</sup>	2,30
C.O.		dag kg <sup>-1</sup>	1,40
pH H <sub>2</sub> O		dag kg <sup>-1</sup>	6,30
pH CaCl <sub>2</sub>	(CaCl <sub>2</sub> 1:2,5)		5,90

\*Análises realizadas no Laboratório Brasileiro de Análises Agrícolas Ltda (LABRAS), Monte Carmelo, MG.

#### 4.2. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento utilizado no experimento foi o de blocos casualizados em faixas com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de dois sistemas de manejo (plantio direto e cultivo convencional) e seis plantas de cobertura (um pousio e cinco culturas de inverno), que foram cultivadas em pré-safra da cultura da soja, totalizando 12 parcelas por bloco experimental.

Cada unidade experimental correspondeu a 5 m de comprimento por 6 m de largura. As bordaduras das parcelas corresponderam ao um metro inicial e final do comprimento de cada linha de semeadura e aos 1,4 m das laterais, ficando a área útil de cada parcela com 8,4 m<sup>2</sup> (3,0

m x 2,8 m). As dimensões das parcelas, com essas bordaduras foram planejadas para viabilizar a mecanização de todas as operações exigidas durante a condução do experimento.

As sequências de culturas de inverno, semeadas em pré-safra da cultura da soja e repetidas em todos os anos nas mesmas parcelas, foram: crotalária (*Crotalaria juncea*), nabo-forrageiro (*Raphanus sativus*), feijão-guandu (*Cajanus cajan*), milheto (*Pennisetum americanum*), e lab-lab (*Dolichos lablab*).

A semeadura das espécies de plantas de cobertura foi realizada antes da instalação da cultura da soja de forma mecanizada, utilizando espaçamento utilizado de 0,5 m entre linhas, com população conforme recomendação para cada cultura e com ausência de adubação mineral. As plantas de cobertura foram roçadas quando atingiram 50% de florescimento pleno.

Antes da semeadura da cultura de verão, em setembro de 2018, foi realizado o preparo do solo no cultivo convencional através de uma aração com profundidade de corte de 0,20 m seguida de uma gradagem para romper torrões de solo e nivelar o terreno.

No dia 26 de outubro de 2018 foi efetuada a semeadura da soja (*Glycine max*) com o auxílio de uma semeadora-adubadora tracionada por um trator. O espaçamento utilizado foi de 0,5 m entrelinhas, e profundidade de semeadura de 0,03 m.

A cultivar utilizada no experimento foi a *NS 7667Ipro*, Nidera, com ciclo de 130 dias e que possui como característica marcante o alto potencial produtivo, sendo adotado o estande de 300 mil plantas ha<sup>-1</sup>. A semente foi tratada com ciantranilprole (0,06 g p.a. kg<sup>-1</sup> de sementes), tiametoxan (0,7 g p.a. kg<sup>-1</sup> de sementes) e os fungicidas com os ingredientes ativos thiabendazol+metalazil-M+fludioxonil (0,15 g p.a.; 0,02 g p.a.; 0,025 g p.a. kg<sup>-1</sup> de sementes, respectivamente) e antes da semeadura recebeu um tratamento de sementes composto por micronutrientes sendo eles, cobalto e molibdênio e inoculante sólido turfoso Nodu Soja 10T<sup>®</sup> (80 g saca de sementes<sup>-1</sup>).

A adubação da cultura foi realizada no sulco de semeadura, atendendo as exigências dos nutrientes fósforo e potássio em função da análise química do solo e recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo para o Estado de Minas Gerais - CFSEMG (1999), com o uso de fosfato monoamônico (52 dag kg<sup>-1</sup> de P), com a aplicação de 150 kg ha<sup>-1</sup>, e cloreto de potássio (60 dag kg<sup>-1</sup> de K), sendo aplicados 130 kg ha<sup>-1</sup>.

O controle de plantas daninhas, no plantio direto, foi realizado com o herbicida glifosato (1.920 g p.a. ha<sup>-1</sup>), em pós-emergência inicial das mesmas e no cultivo convencional através da incorporação ao solo.

### 4.3. Determinação da densidade do solo e porosidade total

A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico (TEIXEIRA et al., 2017). Foram coletadas 96 amostras indeformadas de solo após a colheita da soja, sendo duas em cada parcela experimental, nas camadas de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m, as quais foram saturadas por vinte e quatro horas em bandeja com uma lâmina de água a 2/3 de sua altura. Em seguida, as amostras foram pesadas e colocadas em estufa para secagem a 105°C por 24 horas. A altura e o diâmetro dos anéis foram previamente medidos, utilizando um paquímetro digital, para obtenção de seus respectivos volumes. Após a secagem, foi realizada a pesagem e o seguinte cálculo foi realizado para determinação da densidade do solo:

$$D_s = \frac{M_s}{V_t} \quad (1)$$

em que:  $D_s$  é a densidade do solo em  $\text{g cm}^{-3}$ ,  $M_s$  é a massa de solo seco em g e  $V_t$  é o volume total do cilindro em  $\text{cm}^{-3}$ .

Sabendo que o volume total da amostra é igual ao volume total do cilindro, o mesmo foi calculado através da seguinte fórmula:

$$V_t = \pi \cdot r^2 \cdot h \quad (2)$$

em que:  $V_t$  é volume total do cilindro em  $\text{cm}^{-3}$ ,  $r$  é raio do cilindro em m e  $h$  é a altura do cilindro, em m.

A porosidade total do solo foi estimada através do método direto, pelo seguinte cálculo:

$$P_t = \frac{[(a - b) - (c - d)]}{V_t} \quad (3)$$

em que:  $P_t$  é a porosidade total do solo em  $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ,  $a$  é massa do conjunto amostra-cilindro-tecido-liga saturado em g,  $b$  é a massa do conjunto amostra-cilindro-tecido-liga seco a 105 °C em g,  $c$  é a massa do conjunto cilindro-tecido-liga seco a 105 °C em g, e  $V_t$  é o volume total do cilindro em  $\text{m}^3$ .

#### 4.4. Determinação da produtividade da cultura da soja

Por ocasião da colheita, as plantas foram dessecadas com o herbicida paraquat (400 g p.a. ha<sup>-1</sup>). A avaliação da produtividade foi efetuada realizando-se a colheita manual de todas as plantas, em cada parcela útil. Após a operação de trilha, os grãos foram pesados e deles retiradas amostras para a correção do teor de água a 14%, base úmida.

#### 4.5. Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas no *Software R Core Team* (2019).

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância utilizando o teste F para verificar a significância dos resultados. Para as variáveis que apresentaram diferenças significativas realizou-se o teste de *Scott-Knott*, a 5% de significância.

Para a verificação das pressuposições da análise de variância foram realizados os testes de *Shapiro Wilk*, para normalidade dos resíduos, e para a homogeneidade de variâncias, o teste de *Levene*.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa entre os sistemas de manejo em relação à densidade do solo, na camada de 0,10-0,20 m (Tabela 2). As culturas de inverno demonstraram efeitos diferentes sobre a porosidade total do solo em ambas as camadas avaliadas, ou seja, nas camadas de 0,0-0,10 m e 0,10-0,20 m (Tabela 2).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância e valores p considerando o efeito de sistemas de manejo e de diferentes culturas de inverno na densidade e porosidade total do solo

Fonte de Variação	Densidade do solo				Porosidade total do solo			
	0-0,10m	CV %	0,10-0,20m	CV %	0-0,10 m	CV %	0,10-0,20m	CV %
Sistemas de Manejo (SMJ)	0,09 <sup>ns</sup>	5,69	0,02*	4,07	0,21 <sup>ns</sup>	6,99	0,28 <sup>ns</sup>	8,93
Culturas de Inverno (CIN)	0,12 <sup>ns</sup>	7,48	0,93 <sup>ns</sup>	7,89	0,01**	6,72	7,3.10 <sup>-5***</sup>	5,55
SMJ x CIN	0,59 <sup>ns</sup>	5,62	0,45 <sup>ns</sup>	6,99	0,40 <sup>ns</sup>	7,13	0,41 <sup>ns</sup>	7,97

(\*), (\*\*), (\*\*\*) , significativo ao nível de 5%, 1% e 0,1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ns: não significativo. CV= Coeficiente de variação.

Ressalta-se que as pressuposições de normalidade e homogeneidade de variância para a análise de variância foram atendidas.

A interação entre sistemas de manejo e de culturas de inverno, não apresentou efeito significativo em relação aos atributos físicos do solo, demonstrando assim, que o sistema de plantio direto e de plantio convencional são fatores independentes. Em relação aos coeficientes de variação (CV), os mesmos apresentaram valores inferiores a 10%, evidenciando uma maior homogeneidade e precisão no conjunto de dados obtidos na avaliação deste trabalho.

Os sistemas de manejo apresentaram comportamentos distintos em relação à densidade do solo apenas na camada de 0,10-0,20 m (Tabela 3). Contudo, as plantas de cobertura não apresentaram diferença significativa para essa variável. Em relação aos sistemas de manejo, concluiu-se que o plantio convencional contribuiu para um maior valor desse atributo, com valor médio de  $1,31 \text{ g cm}^{-3}$  comparado ao sistema de plantio direto (Tabela 3).

**Tabela 3.** Densidade do solo em função dos sistemas de manejo nas camadas de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m

Sistemas de manejo	Densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ )	
	0-0,10 m	0,10-0,20 m
CC	1,22a	1,31a
PD	1,27a	1,24b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna comparando sistemas de manejo não diferem entre si pelo teste de *Scott-Knott* ao nível de 5% de probabilidade. CC: cultivo convencional; PD: plantio direto.

Esses resultados corroboram aos apresentados por Carvalho et al. (2007), em que ao analisar diferentes sistemas de manejo conduzidos sob sistema de plantio convencional, plantio direto, cerrado natural e a resposta desses respectivos tratamentos sobre a densidade de um Latossolo Vermelho Amarelo no sudeste paraense, observaram-se que o sistema de plantio direto proporcionou menor valor médio de densidade do solo ( $1,13 \text{ g cm}^{-3}$ ), quando foi utilizado o milho como palhada. Já no sistema de plantio convencional, o tratamento em monocultivo de soja, apresentou maior valor médio de densidade do solo ( $1,32 \text{ g cm}^{-3}$ ).

Rodrigues (2009) ao avaliar a influência de dois sistemas de manejo em um Latossolo Vermelho nos atributos físicos do solo, verificou que na camada de 0,10-0,20 m a densidade do solo apresentou valor médio superior no plantio convencional ( $1,16 \text{ g cm}^{-3}$ ) comparado ao sistema de plantio direto ( $1,08 \text{ g cm}^{-3}$ ), devido, segundo os autor, ao longo período de uso da área para atividades agrícolas com excessivo trânsito de máquinas e implementos agrícolas sob a superfície do solo, acarretando assim, em uma formação de uma camada mais compactada, denominada “pé-de-grade”.

Diante disso, constata-se que há a degradação das propriedades físicas do solo pelo sistema de preparo convencional em comparação aos sistemas conservacionistas, pelo fato do revolvimento alterar a densidade do solo, o volume e distribuição de tamanho de poros e a estabilidade dos agregados, influenciando na infiltração da água, na erosão hídrica e, conseqüentemente, no crescimento e desenvolvimento das plantas (BERTOL et al., 2004).

Silveira et al. (2008) ao avaliar os efeitos de diferentes sistemas de manejo em relação a atributos físicos de um Latossolo Vermelho da região do Cerrado, verificaram maior densidade do solo na camada de 0,0-0,20 m com o uso do plantio direto contínuo. De acordo com Tormena et al. (2002) há uma tendência da diminuição ao longo do tempo na densidade do solo no sistema de plantio direto devido, em parte, ao acúmulo do teor de matéria orgânica favorecendo uma maior agregação, refletindo assim, na melhoria da estrutura do solo.

As plantas de cobertura influenciaram a porosidade total do solo independente do sistema de manejo avaliado (Tabela 4). Observou-se que o nabo-forageiro e crotalária proporcionaram um maior volume total de poros em ambas as camadas avaliadas (Tabela 4).

**Tabela 4.** Porosidade total do solo em função de diferentes culturas de inverno, nas camadas de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m

Culturas de inverno	Porosidade total do solo ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )	
	0-0,10 m	0,10-0,20 m
Crotalária	0,54a	0,55a
Feijão-guandu	0,51b	0,48b
Lab-lab	0,52b	0,50b
Milheto	0,52b	0,50b
Nabo-forageiro	0,58a	0,58a
Pousio	0,50b	0,51b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna comparando sistemas de manejo não diferem entre si pelo teste de *Scott-Knott* ao nível de 5% de probabilidade.

O uso de plantas de coberturas que apresentam sistema radicular vigoroso e profundo como, nabo-forageiro (*Raphanus sativus* L.) e crotalária (*Crotalaria sp.*), contribuem para a atenuação na formação de camadas compactadas no solo uma vez que, proporcionam a formação de bioporos, que irão refletir no incremento da porosidade do solo e, por essas razões, favorecer uma maior infiltração de água ao longo do perfil (CALEGARI; COSTA, 2009).

Conforme Andrade e Stone (2009), índices de  $0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  de porosidade total nos solos são ideais para a produção agrícola. Diante do exposto é possível observar, que o índice é superior ao citado pelos autores na camada 0-0,10 m, indicando assim, que o solo não afetou o desenvolvimento das culturas nessa camada, havendo aeração e trocas gasosas no solo necessária para o adequado crescimento e desenvolvimento das raízes. Entretanto na camada de 0,10-0,20



m em relação ao feijão-guandu o índice se encontrou abaixo do ideal, o que pode ter afetado a produtividade da cultura subsequente nesse sistema.

Houve diferença significativa entre os sistemas de manejo em relação à produtividade total da cultura da soja. As culturas de inverno não apresentaram efeitos significativos para essa variável (Tabela 5).

**Tabela 5.** Resumo da análise de variância e valores p considerando o efeito de sistemas de manejo e de diferentes culturas de inverno na produtividade da cultura da soja

Fontes de Variação	Produtividade	
	valor p	CV%
Sistemas de Manejo (SMJ)	0,001**	6,51
Culturas de Inverno (CIN)	0,08 <sup>ns</sup>	31,53
SMJ x CIN	0,27 <sup>ns</sup>	11,70

(\*\*), significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F. ns: não significativo. CV= Coeficiente de variação.

Ressalta-se que as pressuposições de normalidade e homogeneidade de variância para a análise de variância foram atendidas.

A interação entre sistemas de manejo e de culturas de inverno, não apresentou efeito significativo em relação a produtividade da cultura da soja, demonstrando assim que o sistema de plantio direto e de plantio convencional são fatores independentes.

As fontes de variação sistemas de manejo e interação (SMJ x CIN) obtiveram coeficiente de variação (CV) inferiores ao de culturas de inverno (CIN), indicando uma maior precisão em relação a esta última fonte de variação.

Comparando os sistemas de manejo em relação a produção da cultura, observou-se que no plantio direto houve uma produção 27% superior ao preparo convencional, produzindo de 3542,92 kg ha<sup>-1</sup> de soja (Tabela 6).

**Tabela 6.** Produtividade da soja em função dos sistemas de manejo

Sistemas de manejo	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
PD	3542,92a
CC	2789,17b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna comparando sistemas de manejo não diferem entre si pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. CC: cultivo convencional; PD: plantio direto.

Em estudo realizado por Debiasi et. al (2013), avaliando a produção de soja em um período correspondente a 30 safras, também verificaram que a produção acumulada de grãos de soja foi maior no sistema de plantio direto proporcionando um incremento de 240 sacas ha<sup>-1</sup> em

relação ao uso de arado de discos, conferindo ganhos expressivos de rentabilidade, o que se reflete na sustentabilidade da cadeia produtiva da soja.

Portanto, a cultura da soja possui um melhor desenvolvimento quando submetida ao plantio direto, devido à melhor estruturação do solo nesse sistema, proporcionando melhores condições ao desenvolvimento das plantas. Assim, devido, ao baixo revolvimento do solo em plantio direto, há uma maior preservação dos bioporos, que são fundamentais na movimentação de água e ar no solo (DEBIASI et al., 2013; OADES,1993).

## 6 CONCLUSÕES

O solo sob cultivo convencional apresentou maior valor médio para a densidade do solo na camada subsuperficial de 0,10-0,20 m.

As plantas de cobertura nabo-forrageiro e crotalária apresentaram efeitos positivos na porosidade total do solo contribuindo para um maior volume médio de poros em ambas as camadas avaliadas.

O sistema de plantio direto apresentou produção média de grãos de soja, superior ao plantio convencional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, M. I. **Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais**. 2008. 79 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

ALVARENGA, R.C.; CRUZ, J.C.; VIANA, J.H. **Manejo de solos: preparo convencional do solo**. 2008. Disponível em:  
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/35332/1/Preparo-convencional.pdf>.  
Acesso em: 01 maio 2019.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 411-418, 2009.

ANSELMO, J. L.; COSTA, D. S.; SÁ, M. E. Plantas de cobertura para região do Cerrado. **Plantas de Cobertura**, Piracicaba, p.178-183, 2014.

- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p.1099-1108, 2007.
- BARRADAS, C. A. A. **Uso da Adubação Verde**. Niterói: Programa Rio Rural, 2010. 10 p.
- BARROS, T. D.; JARDINE, J. G. Nabo-forrageiro. **Árvore do conhecimento. Agência Embrapa de Informação Tecnológica**. Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fb123vn002wx5eo0sawqe38tspejq.html>. Acesso em: 27 jun. 2019.
- BATISTA, M. de A.; PAIVA, D.W. de.; MARCOLINO, A. **Solos para todos: perguntas e respostas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018. 169 p.
- BERTOL, I. et al. Sedimentos transportados pela enxurrada em eventos de erosão hídrica em um Nitossolo Háptico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p. 245-252, 2010.
- BERTOL, L. et al. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas a do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.155-163, 2004.
- BOGIANI, J. C.; FERREIRA, A. C. B. Plantas de Cobertura no Sistema soja-milho-algodão no cerrado. **International Plant Nutrition Institute**, Piracicaba, n. 160, p.1-15, 2017.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3 Ed. Porto Alegre: Ed. Proto Alegre: Bookman, 2013. 686 p.
- CALEGARI, A.; COSTA, A. Manutenção da cobertura melhora atributos do solo. **Revista Visão Agrícola**, v. 9, p. 13-16, 2009.
- CAMARGO, F. P.; ANGELO, J. A.; OLIVETTE, M. P. A. Expansão do Plantio Direto nas principais culturas no estado de São Paulo, 2011-2015. **Revista Informações Econômicas**, São Paulo, v. 46, n. 6, p.5-13, 2016.
- CARVALHO, E. J. M. et al. Efeito de sistemas de manejo sobre a densidade do solo em Latossolo vermelho amarelo do sudeste paraense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. **Conquistas e desafios da ciência do solo brasileira: livro de resumos**. Gramado: UFRGS: SBCS, 2007. p. 226.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, 1999. 359 p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira grãos**. v. 6 – Safra 2018/2019, n. 12 - Décimo segundo levantamento, Brasília, p. 1-47, set. 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra-graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 08 set. 2019.

COSTA, C. D. O.; ALVES, M. C.; SOUSA, A. P. Movimento de água e porosidade dos solos de uma sub-bacia hidrográfica no noroeste do estado de São Paulo. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 2, p.304-318, 2015.

COSTA, N. R. et al. Atributos do Solo e Acúmulo de Carbono na Integração Lavoura-Pecuária em Sistema Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 3, p.852-863, 2015.

CRUZ, J. C. et al. **Manejo de solos: sistema plantio direto**. 2008. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/35333/1/Plantio-direto.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2019.

CRUZ, J. C.; ALVARENGA, R. C.; PEREIRA FILHO, I. A. **Plantio direto x convencional**. In: SEMANA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 2006, Diamantina. Anais da I Semana de Ciências Agrárias de Diamantina. UFVJM, 2006.

DEBIASI, H. et al. Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 6, p.603-612, jun. 2010.

DEBIASI, H. et al. **Sistemas de preparo do solo: trinta anos de pesquisas na Embrapa Soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 72 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5.ed. Brasília, Embrapa Solos, 2018.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETTO, D. **Plantio Direto**. In: PRODUÇÃO de milho. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

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

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80 p.

LAMAS, F. M. **Plantas de cobertura: O que é isto?** 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/28512796/artigo---plantas-de-cobertura-o-que-e-isto>. Acesso em: 10 abr. 2019.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178p.

LIMA, C. G. R. et al. Correlação linear e espacial entre a produtividade de forragem, a porosidade total e a densidade do solo de Pereira Barreto (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p.1233-1244, 2007.

MANDARINO, J. M.G. **Origem e história da soja no Brasil**. 2017. Disponível em: <https://blogs.canalrural.uol.com.br/embrapasoja/2017/04/05/origem-e-historia-da-soja-no-brasil/>. Acesso em: 25 maio 2019.

MAUAD, M. et al. Influência da densidade de semeadura sobre características agrônômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 9, n. 3, p.175-181, 2010.

MICHELON, C. J. **Qualidade física de solos irrigados do Rio Grande do Sul e do Brasil Central**. 2005. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

MONTANARI, R. **Atributos do solo e componentes produtivos da cultura da pupunha: uma abordagem linear, geostatística e multivariada**. 2015. 106 p. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2015.

OADES, J. M. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. **Geoderma**, Amsterdam, v.56, p.377-400, 1993.

OLIVEIRA, G. C. et al. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p.327-336, 2004.

OLIVEIRA, M. F.; MARTINS NETTO, D. A.; SILVA, D. D. Milheto reduz fungos de solo. **Revista Campo & Negócios**, Uberlândia, v. 10, n. 119, p.47-49, 2013.

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

PEREIRA, F. S. et al. Qualidade física de um Latossolo Vermelho submetido a sistemas de manejo avaliado pelo índice S. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 1, p.87-95, 2011.

PEREIRA, M. H. O sistema de plantio direto na palha 25 anos de sua adoção no Brasil. In: SEMINÁRIO SOBRE O SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1.,1998, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1998. p. 1-7.

PETRERE, V. G.; CUNHA, T. J. F. **Características dos solos cultivados com videira no submédio do Vale do São Francisco**. 2010. Disponível em: [http://www.cpsa.embrapa.br:8080/sistema\\_producao/spuva/manejo.html](http://www.cpsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spuva/manejo.html). Acesso em: 25 jun. 2019.

R Core Team (2019). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

REINERT, J. D.; REICHERT, J. M. **Propriedades físicas do solo**. Universidade Federal de Santa Maria, 2006. 18 p. Disponível em: [https://www.agro.ufg.br/up/68/o/An\\_lise\\_da\\_zona\\_n\\_o\\_saturada\\_do\\_solo\\_texto.pdf](https://www.agro.ufg.br/up/68/o/An_lise_da_zona_n_o_saturada_do_solo_texto.pdf). Acesso em: 12 jun. 2019.

RODRIGUES, S. RODRIGUES, S. **Permeabilidade ao ar em Latossolo Vermelho sob plantio direto e preparo convencional**. 2009. 66 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Curso de Agronomia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2009.

SILVA, A. C.; LIMA, E. P. C.; BATISTA, H. R. A importância da soja para o agronegócio brasileiro: uma análise sob o enfoque da produção, emprego e exportação. In: ENCONTRO DE ECONOMIA CATARINENSE, 5., 2011, Florianópolis, SC. **Anais**. Florianópolis: UNESC, 2011.

SILVA, C. A. T.; CEZAR, T. C. M.; NÓBREGA, L. H. P. Porosidade de Latossolos e Práticas de manejo agrícola para a conservação do solo. **Revista Varia Scientia Agrárias**, v. 2, n. 2, p.153-164, 2011.

SILVEIRA, P. M. et al. Efeitos do manejo do solo sob plantio direto e de culturas na densidade e porosidade de um Latossolo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 3, p.53-59, 2008.

SOARES, M. D. R. et al. Atributos físicos do solo em áreas sob diferentes sistemas de usos na região de Manicoré, AM. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 59, n. 1, p.9-15, 2016.

TEIXEIRA, P. C. et al. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2017. 573 p.

TEODORO, R. B. et al. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do alto vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p. 635-643, 2011.

TORMENA, C. A. et al. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 4, p.795-801, 2002.

TORRES, J. L. R et al. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho cultivado com plantas de cobertura, em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p.428-437, 2015.

UBIDA, R. B. **Produtividade da soja em sucessão a gramíneas e oleaginosas no sistema plantio direto**. 2017. 42 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2017.

WENDLING, B. et al. Agregação e Porosidade do Solo em áreas de conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, n. 28, p.256-265, 2012.

WUTKE, E. B. et al. **Bancos comunitários de sementes de adubos verdes: informações técnicas**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), 2007. 52 p.