



**MARIANY ISABELA SOARES DOMINGUES**

**PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DE SOLO  
MANEJADO NA CAFEICULTURA SOB DIFERENTES  
COBERTURAS**

**Lavras – MG**

**2023**

**MARIANY ISABELA SOARES DOMINGUES**

**PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DE SOLO MANEJADO NA  
CAFEICULTURA SOB DIFERENTES COBERTURAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras, como parte  
das exigências do curso de Agronomia, para  
obtenção do título de Bacharelado em  
Agronomia.

Professor Dr. Bruno Montoani Silva  
Orientador

**LAVRAS – MG**

**2023**

**MARIANY ISABELA SOARES DOMINGUES**

**PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DE SOLO MANEJADO NA  
CAFEICULTURA SOB DIFERENTES COBERTURAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras, como parte  
das exigências do curso de Agronomia, para  
obtenção do título de Bacharelado em  
Agronomia.

APROVADA em 15 de março de 2023.  
Dr. Bruno Montoani Silva, UFLA

Prof. Dr. Bruno Montoani Silva  
Orientador

**LAVRAS – MG**

**2023**

## AGRADECIMENTO

Agradeço a Universidade Federal de Lavras, ao CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica e ao Departamento de Ciência do Solo pela oportunidade de desenvolver o trabalho.

Agradeço principalmente meus pais e minha família, que sempre fizeram o possível e impossível para que eu conseguisse viver esse momento.

Minha ex coorientadora Érika Andressa da Silva, que desde o início da minha iniciação científica me deu todo apoio que era necessário, além de me ensinar muito além do que graduação poderia ter me ensinado.

Meu orientador professor Bruno Montoani Silva, que fez seu papel de maneira magnífica, levo comigo todos os ensinamentos compartilhados. E ao meu antigo orientador e agora aposentado, professor Geraldo César Oliveira, por ter me proporcionado excelentes experiências e ter me desafiado a ir sempre além, me ensinando que não há limites para aqueles que amam o que fazem.

À toda equipe da Física do Solo, especialmente ao Pedro Benevenuto, e aos técnicos do DCS, Dulce e Doroteo, por todo auxílio nos trabalhos de campo e laboratório, pelos ensinamentos compartilhados e amizade construída.

Ao Núcleo de Estudos em Ciência do Solo – NECS e a professora Maria Lígia S. Silva que me acolheram, ensinaram e se tornaram parte da minha família.

À professora Fernanda Medeiros e ao G-PRO por me ensinarem a amar a proteção de plantas e a cultura da soja, me tornando uma profissional completa.

A Deus por estar sempre comigo, não me deixar desistir e preparar meu caminho, não poderia ter sido melhor a maneira como tudo aconteceu ao longo desses oito anos desde o momento que ingressei na universidade.

As minhas grandes amigas que foram construídas ao longo desse tempo, Eduardo, Guilherme, Thayná, Poliana e Ana Júlia, obrigada pelas memórias.

E ao Leonardo Zarelli, por todo apoio nessa reta final.

Muito obrigada!

## RESUMO

A cafeicultura é uma das principais atividades agrícolas do Brasil e demanda cada vez mais a adoção de manejos diferenciados que propiciem melhorias nas propriedades físico-hídricas do solo. O objetivo deste estudo foi investigar efeitos de coberturas de solo utilizadas na cafeicultura em relação às propriedades físicas e espaço poroso do solo. Amostras de solo com estrutura preservada foram coletadas em um Latossolo Vermelho cultivado com cafeeiro, sob seis tratamentos: cobertura do solo na linha do cafeeiro com plástico branco (CP); cobertura do solo na linha do cafeeiro com restos de braquiária proveniente de cortes periódicos na entrelinha (BR); cobertura do solo na linha do cafeeiro com restos de plantas espontâneas provenientes das entrelinhas de plantio (PE); entrelinha do cafeeiro coberta com braquiária (EL-BR); entrelinha do cafeeiro coberta com plantas espontâneas (EL-PE), e mata nativa (MN). O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com seis tratamentos e três repetições. Para elaboração da curva de retenção de água (CRA), as amostras de solo foram submetidas às sucções 0, 2, 4, 6, 10, 33, 100, 500 e 1500 kPa. A CRA foi ajustada pelo modelo de van Genuchten, utilizando o programa SWRC. Calcularam-se o índice S e Volume Total de Poros (VTP) discriminados em Macroporo Grande (MAG), Macroporo Fino (MAF), Mesoporo Grande (MEG), Mesoporo Médio (MEM), Mesoporo Fino (MEF) e Microporo (MICRO). Os dados foram submetidos à análise estatística e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott (5%). Os tratamentos BR e PE apresentaram os melhores resultados para o Índice S. Maiores VTP foram observados em BR, CP, PE e EL-BR e menores no EL-PE e MN. O solo sob BR e PE apresentou menor volume de MICRO enquanto os maiores volumes de MAG foram observados em BR, PE e CP. Os tratamentos EL-BR e EL-PE apresentaram maiores volumes de MICRO. Portanto há efeitos positivos de coberturas de solo correlacionados as propriedades físicas do solo na cafeicultura.

Palavras-Chave: distribuição de poros, curva de retenção de água, cobertura do solo.

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| INTRODUÇÃO .....   | 7  |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO .....   | 8  |
| 2.1 Cafeicultura .....   | 9  |
| 2.2 Coberturas do Solo .....   | 10 |
| 2.2.1 Cobertura do solo na linha de cultivo do cafeeiro com plástico de polietileno..... | 11 |
| 2.2.2 Cobertura do solo na linha de cultivo do cafeeiro com resíduos de braquiária.....  | 12 |
| 2.3 Atributos físicos do solo.....   | 13 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS .....  | 14 |
| 3.1 Localização da área de amostragem.....   | 14 |
| 3.2 Descrições dos tratamentos .....   | 14 |
| 3.3 Amostragem .....   | 15 |
| 3.4 Delineamento experimental.....   | 15 |
| 3.5 Variáveis analisadas .....   | 16 |
| 3.5.1 Atributos físicos do solo.....   | 16 |
| 3.7 Análises estatísticas.....   | 17 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....  | 17 |
| 5. CONCLUSÃO .....   | 22 |
| 6. REFERÊNCIAS .....   | 22 |

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é principal exportador de café do mundo. E o Estado de Minas Gerais é o responsável pela maior parte da produção da região sudeste do país, que é líder na produção nacional (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2019). Todavia, a média de produtividade das lavouras cafeeiras brasileiras é baixa. Nas últimas décadas, as mudanças climáticas têm comprometido ainda mais as produções brasileiras, tendo em vista o calor intenso e forte insolação, associado às recorrentes e fortes estiagens (OLIVEIRA et al., 2019).

Corroborando com o cenário de mudanças climáticas, o cultivo dos cafeeiros prioritariamente em regime de sequeiro, empregando sistemas convencionais de manejo também tem contribuído para as baixas produtividades. Assim, na busca por aumentos de produtividade e minimização dos problemas de déficit hídrico no solo, cafeicultores tem visado à adoção de estratégias de manejo ambientalmente sustentáveis, acompanhadas da construção da fertilidade e melhorias do ambiente físico do solo (OLIVEIRA et al., 2019).

Nesse sentido, além da preocupação com a fertilização balanceada, cafeicultores tecnificados também têm visado práticas de manejo para aumento da eficiência de uso da água do solo pelas plantas. O emprego da cobertura sintética nas linhas de plantio, logo nos primeiros anos após implantação das lavouras, tem sido uma estratégia para conservação da água no solo e seu melhor aproveitamento pelas plantas. Isto porque a cobertura com plástico polietileno traz benefícios ao reduzir a evaporação da água do solo para atmosfera, bem como auxilia no controle de plantas daninhas, pragas e doenças (BARBOSA, 2018).

Em contrapartida, são poucos os trabalhos realizados para verificar os efeitos da cobertura nas linhas de cultivo com resíduos vegetais provenientes do manejo de plantas espontâneas estabelecidas nas entrelinhas de cafeeiros. Há evidências de que o aporte de resíduos vegetais provenientes de culturas das entrelinhas para a linha de cultivo favorece propriedades físicas, aumentando a percentagem de poros responsáveis pela infiltração de água no solo (SILVA et al., 2016).

Nos consórcios entre braquiária e cafeeiros, produtores adotam a prática de cobertura das linhas de cultivos com os restos de braquiárias manejadas das entrelinhas do cafeeiro. Os resíduos vegetais de braquiária, além de atuarem como cobertura orgânica e protetiva do solo contra o impacto direto das gotas de chuva, trazem benefícios diferenciados advindos da formação de bioporos que funcionam como rotas alternativas

para a infiltração da água; crescimento das raízes e estabilização de agregados, com potencial de mitigação dos problemas relacionados à compactação e erosão (CARDUCCI et al., 2015; SILVA et al., 2020).

As gramíneas também proporcionam ganhos substanciais para a fertilidade do solo devido à sua capacidade de ciclagem de nutrientes, além de incrementar significativamente os estoques de carbono orgânico do solo com consequência na redução das emissões para a atmosfera dos gases de efeito estufa (GEE), fazendo com que a agricultura seja credora de carbono, como previsto em Políticas Nacionais sobre Mudanças do Clima, elevando assim, a sustentabilidade do sistema de produção cafeeira (SILVA et al., 2020).

Desta forma o objetivo desta pesquisa é avaliar os efeitos de diferentes coberturas (vegetal e sintética) nos atributos físicos de um Latossolo Vermelho cultivado com cafeeiros.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

A água é fator fundamental na produção vegetal, e sua falta ou excesso comprometem de maneira decisiva o desenvolvimento das plantas. As condições climáticas adversas que tem predominado desde o ano agrícola 2013/2014, caracterizadas por uma deficiência hídrica acentuada e prolongada nas principais regiões produtoras de café do país, afetaram fortemente o potencial produtivo das lavouras. Neste cenário, houve perdas na qualidade dos frutos, que reduziram de tamanho, tornaram-se chochos ou com baixo índice de mucilagem. Em outras palavras, um maior volume de café em coco foi necessário para compor uma saca beneficiada, acrescido da maior incidência de pragas (bicho mineiro e broca) e doenças (exemplo da cercosporiose) nas lavouras.

Diante destas condições, a exemplo do ocorrido no ano agrícola 2013/2014, muitos produtores ao longo dos últimos anos, tem vivenciado uma realidade com colheitas de baixo rendimento. No Sul de Minas Gerais, em 2014, o grupo Ipanema Coffees, principal fornecedor da Starbucks Corp. observou uma redução de 40% em relação às safras dos últimos anos. Entretanto, em lavouras do Grupo AP localizadas nos municípios de São Roque de Minas e Vargem Bonita, Região Sudoeste de Minas Gerais, observaram-se produtividades maiores (bem acima da média nacional 25 sc/ha), com menores prejuízos devido às mudanças do clima.

Isto porque o Grupo AP investiu em um sistema de manejo que tem como estratégia a mitigação de déficit hídrico, tendo como base o condicionamento químico e físico do solo

até a profundidade de 0.60 m associado ao uso eficiente de braquiária nas entrelinhas da cultura, objetivando cobertura do solo, incremento nos conteúdos de matéria orgânica e maior exploração do sistema radicular das plantas para a melhor utilização da água armazenada em profundidade (SILVA et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2019).

Já na região Sul de Minas, a cafeicultura é muito tradicional e se utiliza do manejo convencional do solo (CARMO et al., 2011). Por isto, é provável que as baixas produtividades das lavouras desta região estejam relacionadas às práticas de manejo do solo, como ausência de cobertura do solo das entrelinhas, associado ao tráfego excessivo de máquinas agrícolas em condições de elevada umidade do solo, o que favorece em muito o processo de compactação, trazendo sérias consequências para a estrutura do solo (BARBOSA et al., 2020 e SILVA et al., 2021), o que afeta o desenvolvimento do sistema radicular em profundidade, não permitindo o uso eficiente da água das camadas mais profundas, condição esta que poderia mitigar o stress hídrico devido a secas prolongadas (SANTOS et al., 2014 e SILVA et al., 2015).

O Sul de Minas e Centro Oeste detém 48,4% de toda a produção cafeeira mineira e 25% da produção nacional, com média de 26,2 sacas por hectare, contribuindo com 10,8 milhões de sacas, sendo, portanto, as maiores produtoras mundiais de café (CONAB, 2019). Dada a importância da cafeicultura para o agronegócio dessa região, faz-se necessária a busca por novos sistemas de manejo do solo que visem contornar as limitações ambientais e econômicas, bem como objetivem traçar estratégias mais eficazes no que concerne ao uso mais eficiente de água e manutenção da qualidade do solo. Atualmente o emprego de boas práticas de manejo do solo já não é somente preocupação de pesquisadores ligados à ciência do solo, sendo, inclusive, exigência para certificação do café (LOPES et al., 2014).

## **2.1 Cafeicultura**

O café é um dos mais importantes produtos da agricultura brasileira, sendo o país o maior produtor e exportador do grão e segundo maior consumidor do produto no mundo, ficando na 5ª posição dos dez principais setores exportadores. Segundo o Balanço Comercial do Agronegócio, em dezembro de 2016, o produto representou 9,8% das exportações brasileiras, movimentando o montante de US\$ 600,74 milhões (MINISTÉRIO

DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2017).

No ano de 2016, a cafeicultura bateu recorde de produtividade. Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) foram produzidos 51,369 milhões de sacas de 60 kg de café numa área de 1,95 milhão de hectares.

Em Minas Gerais, um dos maiores estados produtores do grão, a maior parte das lavouras de café encontram-se no bioma Cerrado. O déficit hídrico e a baixa fertilidade natural dos solos nessa região são as principais limitações ao bom desenvolvimento da cultura (SILVA et al., 2016; SILVA et al., 2019). Assim, a adoção de sistemas de cultivo capazes de contornar estes problemas, com a preservação ou a melhoria da qualidade física e química do solo, se torna essencial.

Para essas condições, é necessário a adoção de tecnologias que favoreçam o crescimento radicular em profundidade e ou aumentem a capacidade de armazenamento de água disponível no solo (BARBOSA et al., 2020 e SILVA et al., 2021). Assim, a aplicação de condicionadores do ambiente radicular, como gesso agrícola e cobertura do solo, pela adoção e manejo de plantas de cobertura nas entrelinhas da cultura visando particularmente maior aporte de matéria orgânica em superfície e no perfil do solo são práticas com importante efeito de mitigação do déficit hídrico (SILVA et al., 2019).

A sustentabilidade da cafeicultura também depende do aumento da rentabilidade do produtor, como forma de garantir sua permanência na atividade. Ou seja, é necessária a implantação de sistemas de cultivo que proporcionem maior longevidade para as lavouras e produtividades elevadas ao longo dos anos (OLIVEIRA et al., 2019).

## **2.2 Coberturas do Solo**

Há muitos anos, agricultores vêm mantendo o solo coberto objetivando proteger sua superfície e oferecer melhores condições para o desenvolvimento das plantas, tal técnica foi denominada mulching. O mulching pode ser composto de diversos materiais orgânicos como folhas secas, serragens e palhas, ou materiais inertes, sendo as lonas plásticas as mais empregadas.

A utilização do mulching na agricultura vem crescendo devido a sua influência qualitativa e quantitativa nos meios de produção, pois seu manejo evita a compactação, reduz a perda nutricional decorrentes de uma possível lixiviação e volatilização, inibe a incidência de plantas daninhas, aumenta a qualidade das folhas e dos frutos e proporciona maior retenção de água no perfil, diminui os processos de evaporação e conserva a umidade

do solo (BARBOSA, 2015), o que pode viabilizar a produção de culturas em regiões com baixas precipitações.

### **2.2.1 Cobertura do solo na linha de cultivo do cafeeiro com plástico de polietileno**

Plástico filme de polietileno é classificado como cobertura inorgânica. Existem vários tipos de plásticos disponíveis no mercado, dentre os mais utilizados atualmente são os filmes de cor preta, que são recomendados para regiões de clima frio, pois proporcionam aumento da temperatura do solo. Por outro lado, os ecomulching que possuem dupla face (branco/preto), são indicados para regiões de clima tropical, pois evitam o aumento de temperatura da superfície do plástico, além de aumentarem a fotossíntese da planta, pois refletem melhor a luz (YURI, 2014).

Nos últimos anos, a cobertura do solo com esses plásticos tem sido amplamente utilizada no cultivo de diversas culturas, mais ainda é mais comumente empregado na horticultura (WANG et al., 2019). Na cafeicultura, em países africanos como Quênia, a plasticultura tem sido utilizada há algum tempo (GURNAH; MUTEA, 1982). Em trabalhos realizados no Brasil, observou-se que para os primeiros anos após a implantação das mudas de cafeeiro que a cobertura das linhas de cultivo com plástico favoreceu a retenção de água no solo (BARBOSA, 2015; 2018). Portanto, para regiões com períodos de veranicos e de estresse hídrico, esta técnica pode contribuir para o estabelecimento dos cafeeiros, tendo em vista que os primeiros anos são os mais críticos para a cultura, uma vez que as plantas ainda estão com o sistema radicular em formação.

Em pesquisa conduzida por Barbosa (2018) na região de Bom Sucesso/MG, verificou-se que a cobertura plástica das linhas de cultivo de cafeeiros implantados em um Argissolo Vermelho Amarelo contribuiu para o aumento do conteúdo de água no solo nos dois primeiros anos de condução das lavouras. Consequentemente, foram observadas respostas positivas em crescimento das plantas e maior volume do sistema radicular expresso pelo aumento da relação de raízes finas/raízes médias indicando o aumento na eficiência de absorção de água.

Em trabalho conduzido na mesma área experimental descrita em Barbosa (2015), Souza et al. (2018) observaram que a cobertura do solo com plástico promoveu maior quantidade de agregados com maior diâmetro médio geométrico (retidos na classe > 2,00 mm) e uma redução no índice de desagregação (b/a) mensurado por energia ultrassônica. Em outras palavras, após seis meses da implantação dos cafeeiros, o solo das linhas de

cultivo recobertas por mulching plástico apresentou maior estabilidade de agregados quando comparado ao solo sem cobertura. Salienta-se que nos estudos de Barbosa (2015) e Souza et al. (2018) a qualidade física do solo foi potencializada quando a cobertura plástica foi associada a adubação organomineral.

Em Experimento conduzido em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, no município de Lavras/, MG, Castanheira (2018) verificaram que as coberturas do solo das linhas de cultivo de cafeeiros com braquiária e mulching plástico promoveram um aumento significativo no tamanho das plantas, assim como um maior potencial hídrico foliar e índice de clorofila. Os tratamentos com cobertura (sintética ou de braquiária) apresentaram maiores valores de umidade quando comparados ao solo das linhas de cultivo sem cobertura, o que justifica os resultados observados por Castanheira (2018).

### **2.2.2 Cobertura do solo na linha de cultivo do cafeeiro com resíduos de braquiária**

As braquiárias são denominadas coberturas vivas. São cultivadas entre as linhas da cultura principal para proteger o solo de forma permanente. Na cafeicultura, em muitos casos, nesse sistema de consórcio entre café e Braquiária, os resíduos vegetais da gramínea podem ser lançados para a linha de cultivo em que são devidamente ciclados proporcionando nutrição aos cafeeiros (RAGASSI; PEDROSA; FAVARIN, 2013; SILVA et al., 2020).

Adicionalmente, em áreas com maior declividade, a proteção da entrelinha com cobertura vegetal pode reduzir muito as perdas de solo por erosão, favorecendo o armazenamento de carbono orgânico do solo (COS). Temperaturas do solo mais amenas em áreas cobertas por palha ou gramíneas também reduzem a taxa de decomposição da matéria orgânica do solo (MOS), aumentando seu estoque no solo.

Conforme demonstrado por Silva et al. (2020), em relação ao sistema convencional com monocultura, o cultivo de cafeeiros associado com plantas de cobertura nas entrelinhas, traz benefícios a agregação do solo. Ao caracterizar a morfologia de macroagregados das entrelinhas de lavouras cafeeiras sob Cambissolo, originado de rocha pelítica da região do Alto São Francisco-MG, Silva et al. (2016) verificaram que em relação ao cerrado nativo, a braquiária proporcionou um aumento nas dimensões (área, perímetro e diâmetro de feret) dos agregados, e o solo, conseqüentemente apresentou uma melhor qualidade estrutural, com aumento da porosidade, a qual é influenciada pelo tamanho e forma dos agregados.

Nesse sistema de manejo, a braquiária cultivada na entrelinha da cultura é manejada por meio de cortes periódicos com posterior distribuição dos resíduos na linha de cultivo

junto à planta do cafeeiro (SILVA et al., 2020). Desta forma, como os restos vegetais são distribuídos tanto na linha quanto na entrelinha da cultura, sua decomposição promoveu efeitos positivos na agregação, favorecendo a formação de macroagregados em ambas as posições de amostragem (linha e entrelinha).

Nesse sentido, nos consórcios cafeeiros e braquiária, o arranjo do espaço poroso de solos tem sido favorecido, com aumento da quantidade de macroporos grandes e mesoporos, poros responsáveis por aumentos nas taxas de infiltração de água nos solos (CARDUCCI et al., 2015; SILVA et al., 2016).

### **2.3 Atributos físicos do solo**

A avaliação dessa qualidade por meio de atributos do solo é bastante complexa devido à grande diversidade de usos, à multiplicidade de inter-relações entre fatores físicos, químicos e biológicos que controlam os processos e aos aspectos relacionados à sua variação no tempo e no espaço. O uso de atributos físicos do solo para o estudo de sua qualidade apresenta vantagens relacionadas ao baixo custo, metodologias simples e rápidas (SILVA et al., 2017) e relação direta com os demais atributos químicos e biológicos do solo.

A estrutura do solo é um dos atributos mais importantes para a adaptação de plantas e pode ser avaliada através da densidade do solo, macro e microporosidade, estabilidade de agregados, entre outros. A densidade do solo é dependente da textura e da estrutura do solo, sendo considerado o atributo físico mais comum de avaliação de compactação de solos, estando diretamente relacionada às alterações na estrutura do solo decorrentes do tráfego de máquinas agrícolas (SILVA et al., 2017). Em geral, o aumento nos valores de densidade dificulta a penetração das raízes no solo e tem causado diminuição da porosidade total (Andrade et al., 2013).

A avaliação do espaço poroso do solo apresenta grande importância para a caracterização do ambiente físico de crescimento radicular, visto que a porosidade interfere na aeração, condução e retenção de água, resistência à penetração e, conseqüentemente, na nutrição da planta (Wendling et al., 2012).

Nesse sentido, atributos físicos podem ser utilizados como indicadores de adensamento, compactação, encrostamento e suscetibilidade do solo à erosão, subsidiando o controle da perda da produtividade e da degradação ambiental (CARDUCCI et al., 2015, SILVA, 2018).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Localização da área de amostragem**

A área experimental encontra-se situada no município de Lavras, estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil. O clima local é definido como Cwa (sistema de classificação climática de Köppen), mesotérmico com verão chuvoso e inverno seco; com precipitação média anual normal de 1530 mm e temperatura média anual normal de 19,4 ° C (ALVARES et al., 2013).

O estudo foi conduzido em área de lavouras cafeeiras, implantadas em dezembro de 2016, em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico textura argilosa (SANTOS et al., 2018). Foi utilizada a cultivar “Mundo Novo 379-19” em espaçamento de 3,6 metros nas entrelinhas de plantio e 0,75 metros entre plantas.

#### **3.2 Descrições dos tratamentos**

O mulching utilizado consistiu de um filme plástico de polietileno, de dupla face preto e branco, com 1,60 m de largura. Seguindo as recomendações do fabricante, foi alocado nas linhas de cafeeiros logo após o plantio, com a parte superior branca voltada para cima e a preta para baixo. Isto porque a parte branca reflete raios solares dispersando calor e a parte preta, por não permitir passagem de luz atua impedindo a emergência de plantas daninhas.

Com relação à braquiária e as plantas espontâneas, estas foram conduzidas num consórcio. A braquiária (*Urochloa decumbens*) foi cultivada na entrelinha dos cafeeiros e os resíduos provenientes de seu manejo eram alocados na linha de plantio. Foi semeada a lanço, delimitando uma faixa de 1,60 m na entrelinha do cafeeiro, reservando uma distância de 1,0 m da linha de plantio. Utilizou-se 10 kg ha<sup>-1</sup> de sementes. Nesse manejo a braquiária foi roçada antes do florescimento e a biomassa disposta nas linhas de cultivo do cafeeiro com auxílio de rastelo.

Com relação ao consórcio cafeeiro e plantas espontâneas foi realizado o controle das plantas daninhas com roçadora mecânica e os resíduos também foram alocados na linha de plantio com auxílio de rastelo, conforme previsto para os resíduos vegetais no tratamento com braquiária.

Cada unidade experimental foi composta por seis plantas, e a área abrangida pelas 4

plantas centrais foi utilizada para a coleta das informações deste estudo.

### 3.3 Amostragem

Amostras indeformadas de solo, em triplicatas, em junho de 2019, foram coletadas em cilindros metálicos nas camadas de 0,00-0,05 m dos seis tratamentos: cobertura do solo na linha do cafeeiro com plástico branco (CP); cobertura do solo na linha do cafeeiro com restos de braquiária proveniente de cortes periódicos na entrelinha (BR); cobertura do solo na linha do cafeeiro com restos de plantas espontâneas provenientes das entrelinhas de plantio (PE); entrelinha do cafeeiro coberta com braquiária (EL-BR); entrelinha do cafeeiro coberta com plantas espontâneas (EL-PE), e mata nativa (MN).

### 3.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental seguiu o esquema blocos casualizados, distribuídos em faixas, sendo três blocos e três tratamentos (Linha de cultivo com cobertura plástica (CP), linha de cultivo com resíduo de braquiária (BR) e linha de cultivo com resíduos de plantas espontâneas (PE). Os tratamentos adicionais foram considerados como sendo as entrelinhas com braquiária, entrelinhas com plantas espontâneas e mata nativa como testemunha.

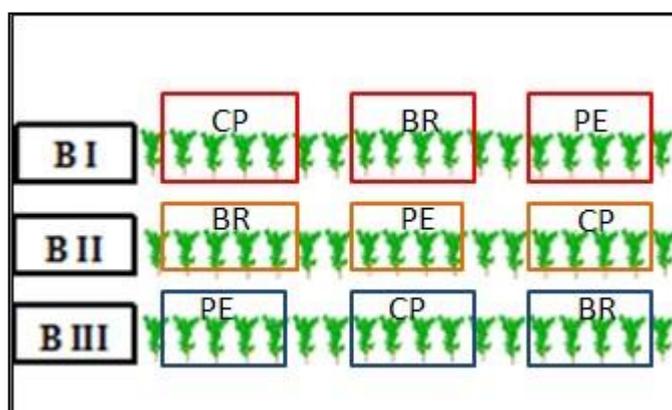


Figura 1. Croqui da Área Experimental.

### 3.5 Variáveis analisadas

#### 3.5.1 Atributos físicos do solo

Após coleta e transporte das amostras para o laboratório de física do solo da Universidade Federal de Lavras, foram preparadas e colocadas em bandeja com água destilada, e gradativamente os poros foram preenchidos até a saturação, mantendo-se o

nível d'água a 2/3 da altura da amostra; esta operação normalmente não ultrapassa 48 horas. Após saturação, as amostras foram submetidas aos potenciais matriciais ( $\Psi_m$ ) de -2, -4, -6, -8 e -10 kPa, nas unidades de sucção, e  $\Psi_m$  de -33, -100, -500 e -1500 kPa no extrator de Richards (TEIXEIRA e BEHRING, 2017). Após atingirem o equilíbrio, as amostras foram pesadas e colocadas em estufa de circulação forçada à temperatura de 105 - 110°C por 24 horas. Após a obtenção das umidades do solo em cada potencial matricial e ao final o seu peso seco, os dados foram ajustados obtendo assim as curvas de retenção de água, sendo utilizado o modelo de Van Genuchten(1980) com restrição  $m= 1-1/n$  Mualen (1976) pela equação 1, com o auxílio do software SWRC (DOURADO NETO et al., 2001).

$$\theta = \theta_r + (\theta_r - \theta_s) / [1 + (\alpha \Psi_m)^n]^{1-1/n} \text{ (Equação 1)}$$

Sendo:  $\Psi_m$  o potencial matricial da água no solo (kPa);  $\theta$  o conteúdo de água ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );  $\theta_s$  o conteúdo de água na saturação ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );  $\theta_r$  o conteúdo de água residual ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ).

De posse da curva de retenção, com o intuito de calcular a distribuição de poros e quantificá-los por tamanho, adotou-se a expressão matemática proposta por Bouma (1973);  $[D = 4 \sigma \cos \theta / \Psi_m]$ , sendo D o diâmetro do poro ( $\mu\text{m}$ );  $\sigma$  a tensão superficial da água (73,43 kPa a 20 °C);  $\theta$  o ângulo de contato entre o menisco e a parede do tubo capilar (considerado como 0) e  $\Psi_m$  a tensão de água no solo (kPa). O diâmetro do poro foi relacionado ao  $\Psi_m$ , de acordo com a metodologia de Oliveira et al. (2004).

A densidade do solo ( $D_s$ ) foi determinada pelo método do anel volumétrico cujo princípio é o de coletar as amostras com estrutura preservada através do uso de um cilindro de aço ou ferro com volume conhecido. Primeiramente foi calculado o volume do cilindro pela equação ( $V = \pi \cdot r^2 \cdot h$ ); a partir dos valores previamente obtidos do diâmetro e altura do anel. Foi determinado o peso úmido do conjunto, sendo logo após conduzido para estufa a 105°C por 24h, e então obtido o peso seco. Por fim realizou-se o cálculo da  $D_s$ , pela equação ( $D_s = P_s/V$ ), em  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , sendo  $P_s$  o peso do solo seco a 105°C e V o volume do cilindro (ALMEIDA et al., 2017a).

A porosidade total (PT) tem como princípio determinar o volume de poros totais do solo ocupado por água e/ou ar. Para calculá-la adotou-se a equação ( $PT = a - b/ a \times 100$ ); sendo a: densidade de partícula ( $\text{kg dm}^{-3}$ ) e b: densidade do solo ( $\text{kg dm}^{-3}$ ) (TEIXEIRA et al., 2017b).

A Microporosidade (Micro) foi determinada a partir da saturação das amostras seguido da submissão das mesmas ao potencial matricial de -6 kPa, utilizando-se dos funis

de Buchner em unidade de sucção. A Macroporosidade (Macro) foi calculada pela diferença entre a PT e a Micro.

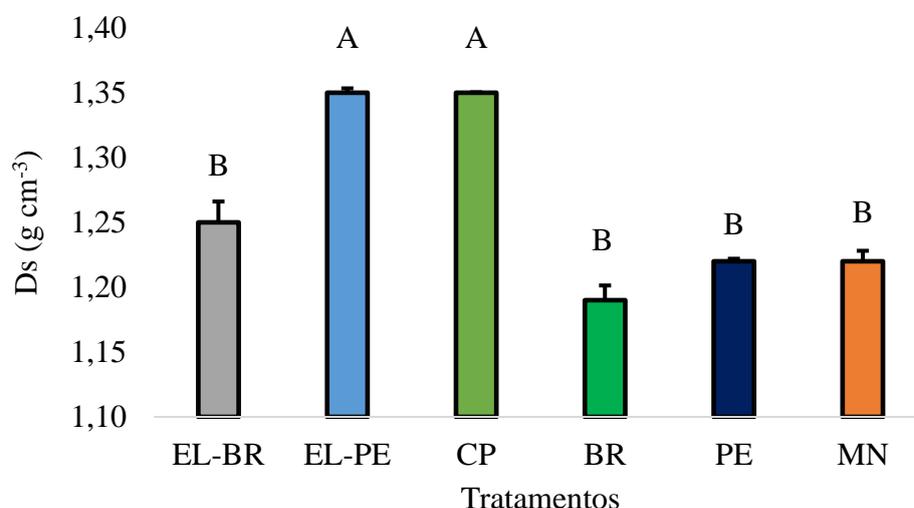
Destaca-se que para o estudo mais detalhado da distribuição de poros foi adotado o critério sugerido por Oliveira et al. (2004) e o critério micromorfológico sugerido por Bullock et al. (1985), no qual os autores definiram como sendo mesoporos grandes aqueles com diâmetro de 73-29  $\mu\text{m}$ ; mesoporos médios aqueles com diâmetro de 29-2,9, e mesoporos finos aqueles com diâmetro entre 2,9 e 0,2  $\mu\text{m}$ . Na classificação de Bullock et al. (1985), macroporos são aqueles com diâmetro  $> 73 \mu\text{m}$ , e os microporos aqueles com diâmetro  $< 0,2 \mu\text{m}$ .

### 3.7 Análises estatísticas

Os dados de atributos físicos foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Hartley para avaliação das condições de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias, para cada parâmetro em estudo, antes de conduzir a análise de variância (ANOVA). Quando estes pressupostos não foram satisfatórios os dados foram transformados por  $(x+0,5)^{0,5}$  e os outliers removidos quando necessário. Quando a ANOVA foi significativa, as médias foram comparadas entre si usando o teste de Scott- Knott ( $P < 0,05$ ) através do pacote estatístico Sisvar (FERREIRA et al., 2011).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade do solo variou entre 1,19  $\text{g cm}^{-3}$  e 1,35  $\text{g cm}^{-3}$ , com os maiores valores observados para EL-PE e CP (Figura 1).

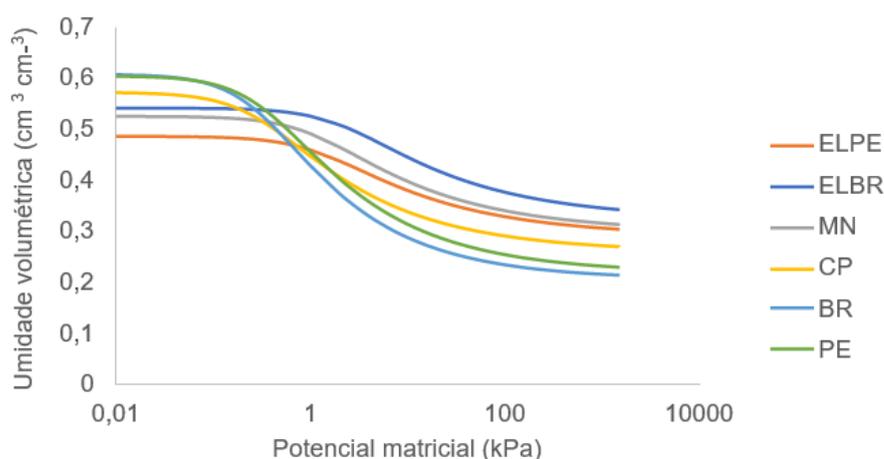


**Figura 1:** Valores médios de densidade do solo para os tratamentos. EL-BR (entrelinha

com braquiária); EL-PE (entrelinha com planta espontânea); CP (linha plástico branco); BR (linha com restos de braquiária); PE (linha com restos de plantas espontâneas); MN (Mata nativa). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scottt- Knott (5%).

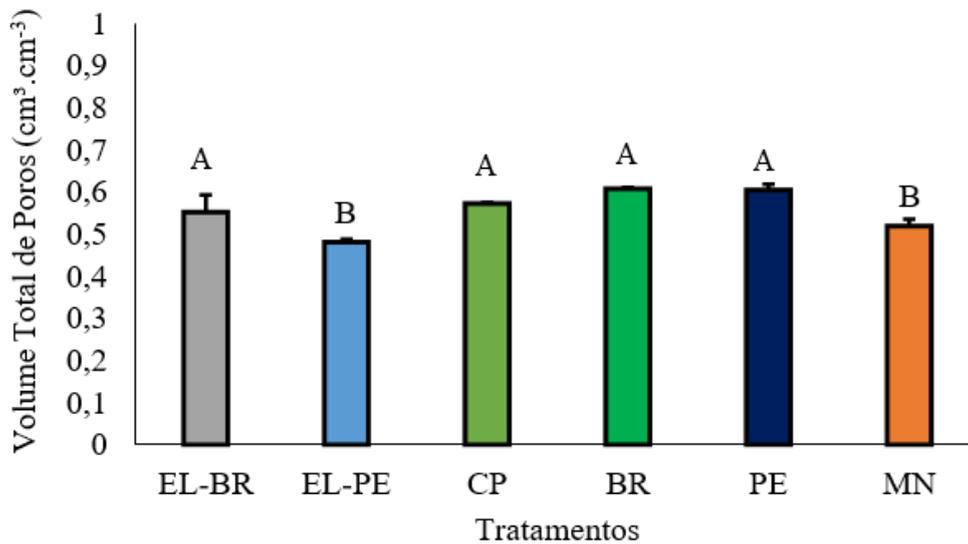
Cabe salientar que para Reichert; Reinert e Braida (2003) valores em torno de 1,30 a 1,40 g cm<sup>-3</sup> em solos argilosos podem ser restritivos ao desenvolvimento do sistema radicular, porém para Reynolds et al. (2009), Ds em torno de 1,25 g cm<sup>-3</sup> podem ser prejudiciais a produtividade de culturas.

Ao analisar as curvas de retenção de água (CRA) nota-se, visualmente, maior retenção de água na faixa compreendida entre 0 – 6 kPa na seguinte ordem: PE=BR>CP>EL-BR>MN> EL-PE. A partir do ponto de inflexão das curvas, verifica-se maior retenção de água na EL-BR e menor nos manejos PE e BR (Figura 2).



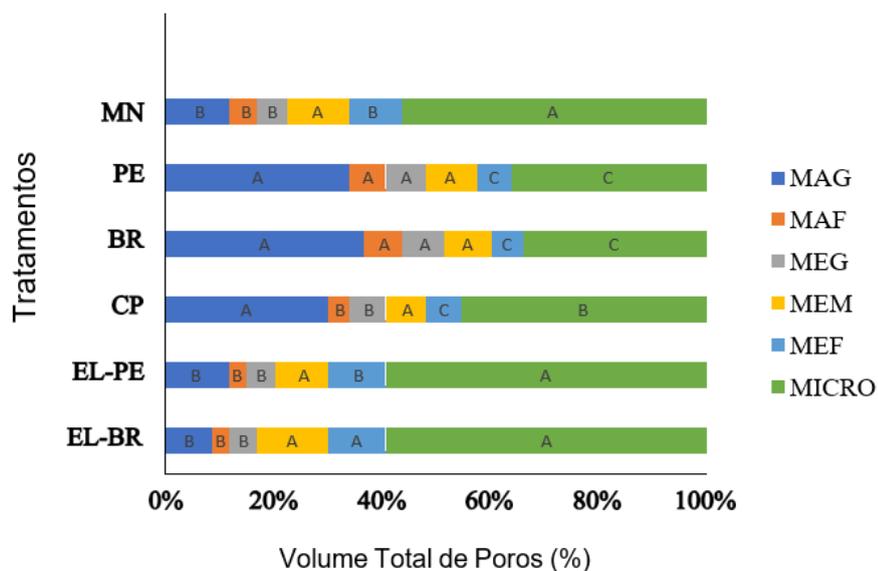
**Figura 2:** Curvas de retenção de água para os tratamentos: EL-BR (entrelinha com braquiária); EL-PE (entrelinha com planta espontânea); CP (linha plástico branco); BR (linha com restos de braquiária); PE (linha com restos de plantas espontâneas); MN (Mata nativa).

Maiores VTP foram observados em BR, CP, PE e EL-BR e menores no EL-PE e MN, sendo que todos os tratamentos aumentaram a porosidade total quando comparados a MN (Figura 3).



**Figura 3:** Valores médios para VTP dos tratamentos. EL-BR (entrelinha com braquiária); EL-PE (entrelinha com planta espontânea); CP (linha plástico branco); BR (linha com restos de braquiária); PE (linha com restos de plantas espontâneas); MN (Mata nativa). Médias seguidas de mesma letra comparam os tratamentos e não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%).

Com os dados de distribuição de poros foi possível observar que o solo sob BR e PE apresentou menor volume de MICRO (Figura 4). Enquanto, os maiores volumes de MAG foram observados em BR, PE e CP.



**Figura 4.** Porosidade para os tratamentos EL-BR (entrelinha com braquiária); EL-PE (entrelinha com planta espontânea); CP (linha plástico branco); BR (linha com restos de braquiária); PE (linha com restos de plantas espontâneas); MN (Mata nativa). Distribuição

de Poros: MAG (macroporo grande); MAF (macroporo fino); MEG (mesoporo grande); MEM (mesoporo médio); MEF (mesoporo fino); MICRO (microporos). Médias seguidas de mesma letra na coluna comparam os tratamentos e não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%).

Enfatiza-se que a cobertura do solo com plástico tem sido utilizada visando otimizar o desempenho agrônômico de diferentes culturas, visto que seu uso diminui a amplitude térmica do solo e reduz a evaporação de água, fazendo com que as áreas permaneçam com a umidade mais constante (BARBOSA, 2018; BARBOSA, 2015).

Barbosa (2018) demonstrou que a utilização da cobertura plástica na linha de cultivo de cafeeiros aumentou o conteúdo de água de um Argissolo Vermelho-Amarelo com reflexos positivos para o crescimento das plantas (BARBOSA, 2015). Além disso, outros benefícios da CP podem ser destacados, como controle de ervas daninhas e proteção ao solo dos impactos de gotas de chuva, minimizando processos erosivos (SOUZA et al., 2018).

Os tratamentos EL-BR e EL-PE apresentaram maiores volumes de MICRO, o que justifica a maior retenção de água observada na faixa acima de 100 kPa, na figura 2.

O aumento dos macroporos grandes e finos nos tratamentos PE e BR contribuem na capacidade de aeração solo (BENEVENUTE, 2019), tendo em vista que estes poros estão diretamente relacionados com a difusão de oxigênio no solo para as raízes (GRABLE; SIEMER, 1968). Além disso, os macroporos aumentam a condutividade hidráulica do solo, conforme demonstrado por Silva (2018), o que pode ser favorável há uma rápida drenagem, reduzindo os riscos de erosão (MENTGES et al., 2010).

Verificou-se que houve maiores volumes de mesoporos grandes nos tratamentos PE e BR (Figura 4), ou seja, os restos vegetais adicionados as linhas de cultivo de cafeeiros favoreceram melhorias na qualidade físicas do solo, como a disponibilidade de água prontamente disponível e a condutividade hidráulica.

Os mesoporos, que são poros inter-agregados (OTHMER et al., 1991), além de contribuírem na condutividade hidráulica (DEXTER et al., 2004), também armazenam a água prontamente disponível para as plantas (DALMAGO et al., 2009) sendo também favoráveis ao enraizamento das plantas (BENEVENUTE, 2019). Carducci et al. (2014), verificaram que os mesoporos grandes ( $\varnothing > 0,2$  mm) favoreceram o desenvolvimento das raízes finas ( $\varnothing \leq 1$  mm), o que proporciona um melhor aproveitamento da água de irrigação ou chuva, pois são nesses poros que a água se encontra prontamente disponível para as culturas.

Os tratamentos BR e PE apresentaram os melhores resultados para o Índice S, acima

do resultado obtido para a MN (Figura 5). Andrade e Stone (2009) propuseram que valores de  $S > 0,045$  estão relacionados com a boa qualidade estrutural dos solos de cerrado. Verificou-se que EL- PE apresentou valores de  $S$  inferiores a 0,045 e que entre os tratamento a  $BR > PE > MN > EL-BR > CP > EL-PE$ .

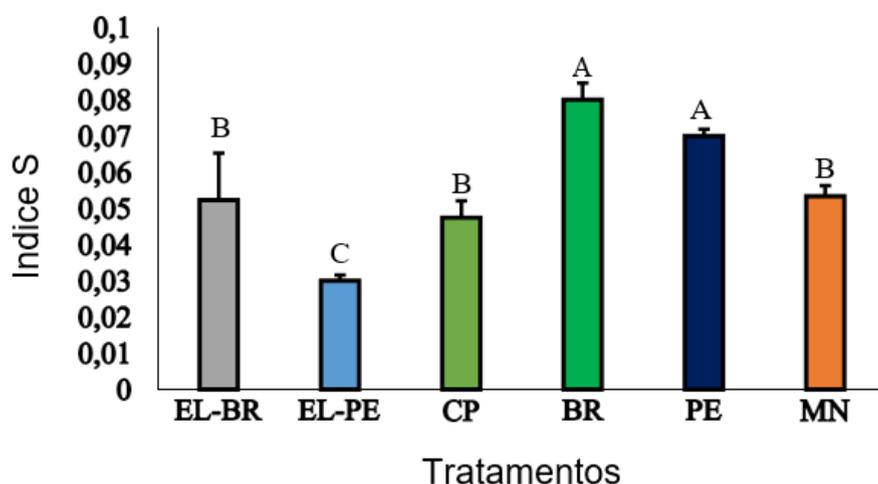


Figura 5. Valores médios de Índice  $S$  para os tratamentos. EL-BR (entrelinha com braquiária); EL-PE (entrelinha com planta espontânea); CP (linha plástico branco); BR (linha com restos de braquiária); PE (linha com restos de plantas espontâneas); MN (Mata nativa). Médias seguidas de mesma letra comparam os tratamentos e não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%).

O aumento do conteúdo de matéria orgânica do solo, a partir da introdução dos restos vegetais de braquiária ou plantas espontâneas nas linhas de cultivo, pode ter contribuído para a melhoria dos atributos físicos do solo, com incrementos na macroporosidade e Índice  $S$ . Esses resultados corroboram aos encontrados por Silva et al. (2012) e Carducci et al. (2015), que em seus estudos em Latossolo manejado com cafeicultura, também determinaram valores de  $S$  superiores à 0,045, associando a boa qualidade estrutural do solo.

Em vários trabalhos tem-se observado que a cobertura do solo das linhas de cultivo de cafeeiros com os restos vegetais provenientes das entrelinhas, além da manutenção de umidade, exerce papel fundamental na ciclagem de nutrientes, incorporação de matéria orgânica e promoção da diversidade biológica do solo. Mas os benefícios em propriedades físicas, químicas e biológicas do solo são dependentes da quantidade e qualidade da fitomassa produzida nas entrelinhas para ser alocada nas linhas de cultivo (OLIVEIRA et al., 2019).

## 5. CONCLUSÕES

Os tratamentos de cobertura de solo são eficientes para aumentar a qualidade física do Latossolo em estudo, visto que os tratamentos BR e PE apresentaram os melhores resultados para o Índice S e para mesoporosidade. Os tratamentos EL-BR e EL-PE apresentaram maiores volumes de MICRO, o que corroborou em maior retenção de água em maiores potências matriciais. O tratamento de PE apesar de trazer um bom resultado de distribuição de poros e Índice S, não seria o mais adequado para o produtor rural, visto que o manejo dessas plantas espontâneas quando não é realizado de maneira eficaz pode comprometer a produtividade da lavoura. Portanto o tratamento de BR utilizada na entrelinha do plantio do cafeeiro se mostra mais eficiente por ter aplicação prática.

## 6. REFERENCIAS

ALMEIDA, B. G.; FREITAS, P. L.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M.;

DONAGEMMA, G. K. Manual de Métodos de Análise de Solo, 3ª edição revista e ampliada, Capítulo 9 – POROSIDADE. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Solos Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 575 p, 2017a.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; TEIXEIRA, W. G. Manual de Métodos de Análise de Solo, 3ª edição revista e ampliada, Capítulo 7 – DENSIDADE DO SOLO. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Solos Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 575 p, 2017b.

ALVARES, C. A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., DE MORAES, J.L.G., SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

ARAÚJO JUNIOR, C.F.; DIAS JUNIOR, M.S.; GUIMARÃES, P.T.C. & ALCÂNTARA, E.N. Capacidade de suporte de carga e umidade crítica de um Latossolo induzida por diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.115- 131, 2011.

BARBOSA, S. M. **Condicionamento físico hídrico do solo como potencializador do crescimento inicial do cafeeiro**. 67f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, 2015.

BARBOSA, S. M. **Manejo de Cambissolos e Argissolos na implantação de cafeeiros**. 90f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo - Universidade Federal de Lavras, 2018.

BENEVENUTE, P.A.N. Efeitos do preparo do sulco de plantio nos atributos físico-hídricos do solo, no desenvolvimento radicular de plantas e em parâmetros de produção do citros [Dissertação]. Lavras: Universidade Federal de Lavras; 2019.

BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G.; TURSINA, T. Handbook for soil thin section description. Edinburgh: Waine Research Publications, 152p, 1985.

CARMO, D.L.; NANNETTI, D.C.; JUNIOR, M.S.D.; ESPÍRITO SANTO, D.J.; NANNETTI, A.N. & LACERDA, T.M. Propriedades físicas de um Latossolo vermelho-amarelo cultivado com cafeeiro em três sistemas de manejo no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.3, p.991-998, 2011.

CARDUCCI, C. E.; OLIVEIRA, G. C.; CURI, N.; HECK, R. J.; ROSSONI, D. F.; DE CARVALHO, T. S.; COSTA, A. L. Gypsum effects on the spatial distribution of coffee roots and the pores system in oxidic Brazilian Latosol. **Soil & Tillage Research**, v. 145, p. 171-180, 2015.

CARDUCCI, C.E.; OLIVEIRA, G.C.; DE LIMA, J.M.; ROSSONI, D.F.; COSTA, A.L.; OLIVEIRA, L.M. Distribuição espacial das raízes de cafeeiro e dos poros de dois Latossolos sob manejo conservacionista. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V.18, p.270-278, 2014.

CASTANHEIRA, D. T. **Técnicas agronômicas para mitigação dos efeitos da restrição hídrica no cafeeiro**. 125f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia - Universidade Federal de Lavras, 2018.

CASTANHEIRA, D. T. et al. Agronomic techniques for mitigating the effects of water restriction on coffee crops. **Coffee Science**, Lavras, v. 14, n. 1, p. 104 - 115, 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento da safra brasileira - Café - setembro de 2019. CONAB, 2019. 48p.

DALMAGO, G. A.; BERGAMASCHI, H. BERGONCI, J. I.; KRÜGER, C. A. M. B.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Retenção e disponibilidade de água às plantas, em solo sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, p.855-864, 2009.

DEXTER, A. R.; CZYZ, E. A.; GATE, O. P. Soil structure and the saturated hydraulic conductivity of subsoils. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.79, p.185-189, 2004.

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D.R.; HOPMANS, J.W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O.O.S. & LOPES, P.P. **Soil water retention curve**. SWRC, version 3.00. Piracicaba, 2001.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, 35(6):1039-1042, 2011.

GURNAH, A.M., MUTEA, J. Effects of mulches on soil temperatures under Arabica coffee at Kabete, Kenya. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 25, p. 237-244, 1982.

LOPES, P.R.; ARAÚJO, K.C.S.; LOPES, I.M.; RANGEL, R.P.; SANTOS, N.F.F.; KAGEYAMA, P.Y. Uma análise das consequências da agricultura convencional e das opções de modelos sustentáveis de produção – agricultura orgânica e agroflorestal. REDD – **Revista Espaço de Diálogo e Desconexão**, v. 8, p. 1-38, 2014.

OLIVEIRA, G. C.; SERAFIM, M.E.; CARDUCCI, C. E.; SILVA, B. M.; SILVA, É.A.; BARBOSA, S.M.; SILVA, S.H.G.; MELO, L.B.B.; BENEVENUTE, P.A.N. **Melhoria físico-hídrica do ambiente radicular do cafeeiro**. In: E. da C. Severiano; M. F. de Moraes; A. M. de Paula (Orgs.); Tópicos em Ciência do Solo Vol X. p.1–71, 2019. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; RESCK, D. V. S.; CURI, N. 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.

OTHMER, H.; DIEKKRUGER, B.; KUTILEK, M. Bimodal porosity and unsaturated hydraulic conductivity. **Soil Science**, Baltimore, v.152, n.3, p.139-150, 1991.

PAIS, P.S.M.; DIAS JÚNIOR, M.S.; SANTOS, G.A.; DIAS, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALCÂNTARA, E.N. Compactação causada pelo manejo de plantas invasoras em Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cafeeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1949–1957, 2011.

SANTOS, H. A., JACOMINE, P. K. T., ANJOS, L. H. C., OLIVEIRA, V. A., LUMBRERAS, J. F., COELHO, M. R., ALMEIDA, J. A., CUNHA, T. J. F., & OLIVEIRA, J. B. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. (5a ed.). Brasília: Embrapa Solos, 2018.

SILVA, É.A., BENEVENUTE, P.A.N., OLIVEIRA, G.C., ZINN, Y.L., SILVA, B.M., MELO, L.B.B., REIS, T.H.P., OLIVEIRA, C.H.C., GUIMARÃES, P.T.G., CARDUCCI, C.E. Soils under Plastic and Grass Cover: Effects on Soil Aggregation and Nutrient Cycling in Brazilian Coffee Growing. **Agricultural Research & Technology: Open Access Journal**, v.24, n2, p. 74-81, 2020.

SILVA, L. C. **Monitoramento do vigor de cafeeiros submetidos a estratégias de manejo para atenuar os efeitos da escassez hídrica**. 82f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia - Universidade Federal de Lavras, 2019.

SILVA, B.M.; OLIVEIRA, G.C.; SERAFIM, M.E.; SILVA, E.A.; GUIMARÃES, P.T.G.; MELO, L.B.B.; NORTON, L.D.; CURI, N. Soil moisture associated with least limiting water range, leaf water potential, initial growth and yield of coffee as affected by soil management system. **Soil Tillage Research**, p.2189:36-43, 2019.

SILVA, R.F. Comportamento físico-hídrico de solos submetidos ao preparo e manejo sob lavoura cafeeira [tese]. Lavras: Universidade Federal de Lavras; 2018.

SILVA, E. A.; SILVA, S. H. G.; OLIVEIRA, G. C.; CARDUCCI, C. E. Root spatial distribution in coffee plants of different ages under conservation management system. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, p.4970-4978, 2016.

SOUZA, L.A.; SILVA, E.A.; OLIVEIRA, G.C.; BARBOSA, S.M.; SILVA, B.M. Análise qualitativa e quantitativa de agregados de solo sob filme plástico associado à fertilização organomineral em área cafeeira. **Scientia Agraria**, v.19, p.142-153, 2018.

TEIXEIRA, W. G.; BEHRING, S. B. Manual de Métodos de Análise de Solo, 3ª edição revista e ampliada, Capítulo 4 - RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO PELOS MÉTODOS DA MESA DE TENSÃO E DA CÂMARA DE RICHARDS. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Solos Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 575 p, 2017.

RAGASSI, C. F.; PEDROSA, A. W.; FAVARIN, J. L. Aspectos positivos e riscos no consórcio cafeeiro e braquiária. **Visão Agrícola**, n. 12, p. 29-32, 2013.

YURI, J. E.; COSTA, N. D.; PINTO, J. M.; CORREIA, R. C. Uso de cobertura plástica no cultivo do meloeiro. **Instruções Técnicas da Embrapa Semiárido**, Petrolina, Dez, 2014.

WANG, X. et al. The Effects of Mulch and Nitrogen Fertilizer on the Soil Environment of Crop Plants. **Advances in Agronomy**, v. 153, p.121-173, 2019.