

**ANA LUÍSA LUCCA GONÇALVES**

**PLANTAS DE COBERTURA NA DESCOMPACTAÇÃO DO SOLO E CONTROLE  
DE PLANTAS DANINHAS EM LAVOURA CAFEIEIRA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Renato Adriane Alves Ruas

Coorientador: Alberto Carvalho Filho

**RIO PARANAÍBA – MINAS GERAIS  
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da  
Universidade Federal de Viçosa - Campus**

T

G635p  
2022

Gonçalves, Ana Luisa Lucca, 1997-  
Plantas de cobertura na descompactação do solo e controle de plantas daninhas em lavoura cafeeira / Ana Luisa Lucca Gonçalves. - Rio Paranaíba, MG, 2022.  
51 f.: il.  
Orientador: Renato Adriane Alves Ruas  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Instituto de Ciências Agrárias, 2022.  
Inclui bibliografia.

1. Café; 2. Supressão vegetal; 3. Propriedades do solo.; I. Ruas, Renato Adriane Alves II. Universidade Federal de Viçosa.. Instituto de Ciências Agrárias. Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) III.  
Título

633.73

Bibliotecário(a) responsável: ANA PAULA DE SOUZA CRB-6/2022

**ANA LUISA LUCCA GONÇALVES**

**PLANTAS DE COBERTURA NA DESCOMPACTAÇÃO DO SOLO E CONTROLE  
DE PLANTAS DANINHAS EM LAVOURA CAFEIEIRA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 09 de dezembro de 2022.

Assentimento:



Documento assinado digitalmente  
ANA LUISA LUCCA GONCALVES  
Data: 09/03/2023 15:32:25-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Ana Luísa Lucca Gonçalves  
Autora



Documento assinado digitalmente  
RENATO ADRIANE ALVES RUAS  
Data: 10/03/2023 08:41:13-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Renato Adriane Alves Ruas  
Orientador

A Deus.

Aos meus pais, Ana Cecília e Francisco.

Ao meu marido Filipe e filho Arthur.

A minha sogra Antônia, meu sogro Sérgio e cunhadas Larissa e Julia.

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, e pela força para continuar seguindo esse árduo caminho.

Ao meu marido Filipe, meu filho Arthur, meus pais, Francisco e Ana Cecília, por todo apoio e condições, seguimos juntos nesse sonho, não me deixaram desistir. To agradecimento do mundo ainda é pouco para descrever vocês.

Aos meus padrinhos, Amarildo e Adriana e minha irmã Ana Beatriz, pela paciência e toda ajuda necessária.

Aos meus sogros, Sérgio e Antônia e minhas cunhadas Larissa e Julia, por todo apoio e empenho de me ajudarem sempre que foi preciso.

Ao Prof<sup>o</sup> Renato e Prof<sup>o</sup> Alberto pela orientação, confiança transmitida, pela paciência e imensa compreensão, por tanto apoio, por acreditar no potencial e nas ideias de seus alunos. Vocês estão além da palavra orientador, minha imensa gratidão por nunca desistirem de mim.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal), aos professores que compõe o quadro do programa e propiciaram o aprimoramento dos meus conhecimentos.

A Universidade Federal de Viçosa, *Campus* Rio Paranaíba, pela oportunidade de realização deste curso.

A todos que, direta ou indiretamente, participaram e contribuíram para a realização da pesquisa.

À coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## **BIOGRAFIA**

ANA LUISA LUCCA GONÇALVES, nascida em Franca, São Paulo, no dia 3 de dezembro de 1997. Ingressou no curso de agronomia na Universidade Federal de Viçosa, *Campus* Rio Paranaíba em março de 2015 e, durante a graduação participou do Grupo de Estudos de Solo – GESOL, e no Núcleo de Estudo e Pesquisa do Herbicida na Planta e no Solo – NEHPSOL. Concluiu o título de Engenheira Agrônoma em dezembro de 2019. No ano de 2020, iniciou o curso de mestrado no Programa de Pós – Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) da Universidade Federal de Viçosa, *Campus* Rio Paranaíba, sendo bolsista pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES. Em dezembro de 2022, submeteu-se à defesa da dissertação para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Produção Vegetal.

## RESUMO

GONÇALVES, Ana Luísa Lucca, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba, dezembro de 2022. **Plantas de cobertura na descompactação do solo e controle de plantas daninhas em lavoura cafeeira.** Orientador: Renato Adriane Alves Ruas. Coorientador: Alberto Carvalho Filho.

*Coffea* sp. é uma das commodities mais importantes do Brasil. Para obtenção de altas produtividades o uso da mecanização tornou-se indispensável. Entretanto, o uso intensivo de mecanização pode vir provocar alterações na estrutura tanto física quanto química do solo e favorecer a compactação ao longo dos anos. Além de, resultar em maior incidência de plantas daninhas, ocasionadas pelo maior espaçamento entre linhas na cultura do café. As plantas daninhas competem com a cultura do café por espaço, nutrientes e água. No entanto, o uso de plantas de cobertura descompactadoras tem sido uma alternativa para reduzir a compactação do solo e a mobilização mecânica. Além do efeito de supressão em plantas daninhas. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das plantas de cobertura e mobilização mecânica do solo nos atributos físicos de solo e na fitossociologia de plantas daninhas. O trabalho foi desenvolvido na área experimental de café da Universidade Federal de Viçosa, *campus* Rio Paranaíba. Foram utilizados três fatores: planta de cobertura (*Urochloa ruzizienses*, *Raphanus sativus*, *Crotalaria juncea*) e mobilização mecânica (escarificador), camadas do solo (0,1 a 0,6 cm) e posição (entre linha e rodado). O experimento foi avaliado por dois anos consecutivos, em delineamento em blocos ao acaso com três repetições. Não houve diferença estatística entre as plantas de cobertura e a escarificação mecânica para as variáveis densidade do solo, microporosidade, macroporosidade e porosidade total. A densidade do solo e a resistência mecânica a penetração foi maior na projeção do rodado dos tratores em comparação aos valores obtidos na entre linha do cafeeiro. As plantas daninhas *Bidens pilosa* e *Conyza bonariensis* apresentaram os maiores índices fitossociológicos nas duas posições avaliadas. O tratamento crotalária foi o que apresentou os menores índices fitossociológicos.

Palavras-chave: Café. Supressão vegetal. Propriedades do solo.

## ABSTRACT

GONÇALVES, Ana Luisa Lucca, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba, December, 2022. **Cover plants in soil decompaction and weed plants control in coffee crop.** Adviser: Renato Adriane Alves Ruas. Co-adviser: Alberto Carvalho Filho.

*Coffea* sp. is one of the most important commodities in Brazil. In order to obtain high productivity, the use of mechanization has become indispensable. However, the intensive use of mechanization can cause changes in both the physical and chemical structure of the soil and favor compaction over the years. In addition to resulting in a higher incidence of weeds, caused by the greater spacing between rows in the coffee crop. Weeds compete with the coffee crop for space, nutrients and water. However, the use of uncompacting cover crops has been an alternative to reduce soil compaction and mechanical mobilization. In addition to the suppression effect on weeds. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effect of cover crops and soil mechanical mobilization on soil physical attributes and on the phytosociology of weeds. The work was developed in the experimental coffee area of the Federal University of Viçosa, Rio Paranaíba campus. Three factors were used: cover plant (*Urochloa ruzizienses*, *Raphanus sativus*, *Crotalaria juncea*) and mechanical mobilization (scarifier), soil layers (0.1 to 0.6 cm) and position (between row and rotated). Experiment evaluated for two consecutive years, in a randomized block design with three replications. There was no statistical difference between cover crops and mechanical scarification for soil density, microporosity, macroporosity and total porosity. Soil density and mechanical resistance to penetration were higher in the projection of the tractor wheels compared to the values obtained in the inter-row of the coffee tree. The weeds *Bidens pilosa* and *Conyza bonariensis* showed the highest phytosociological indices in the two evaluated positions. The sunn hemp treatment was the one that presented the lowest phytosociological indices.

Keywords: Coffee. Vegetal supression. Soil Propertie



## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL .....	9
REFERÊNCIAS .....	11
EFEITO DAS PLANTAS DE COBERTURA E MOBILIZAÇÃO MECÂNICA NA QUALIDADE FÍSICA DO SOLO .....	14
RESUMO .....	14
1. INTRODUÇÃO .....	16
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	17
2.1. Caracterização do local do experimento .....	17
2.2. Implantação do experimento .....	17
2.3. Densidade e porosidade do solo .....	18
2.4. Resistência mecânica à penetração do solo .....	20
2.5. Umidade do solo .....	21
2.6. Análise estatística .....	21
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	21
4. CONCLUSÃO .....	30
REFERÊNCIAS .....	30
SUPRESSÃO DE PLANTAS DANINHAS COM USO DE CULTURAS DE COBERTURA NA CAFEICULTURA .....	35
RESUMO .....	35
1. INTRODUÇÃO .....	37
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	38
2.1. Caracterização do local do experimento .....	38
2.2. Implantação do experimento .....	38
2.3. Avaliação dos parâmetros .....	39
2.4. Análise estatística .....	43
3. RESULTADO E DISCUSSÃO .....	43
4. CONCLUSÃO .....	48
REFERÊNCIAS .....	48
CONCLUSÕES GERAIS .....	51

## INTRODUÇÃO GERAL

A cafeicultura no Brasil destaca-se economicamente, sendo responsável por movimentar o mercado interno e negociações internacionais através das exportações de grãos. Devido a grande extensão territorial e diversidade de climas, o país se tornou favorável para grande produção de café, destacando-se como maior produtor no mundo (ZAIDAN, 2020) e (NAVARRO et al., 2021). No que diz respeito a área de produção, foi estimado 2,19 milhões de hectares, sendo Minas Gerais o estado que se destaca, tendo em vista que possui cerca de 60% de toda área cultivada no país (CONAB, 2022).

Dentre as regiões de Minas Gerais, algumas características favorecem o estabelecimento do cafeeiro em relação ao manejo, como possuir um relevo predominantemente de menor declividade e boa drenagem do solo, fazendo com que o cerrado mineiro se sobressaia (FERNANDES et al., 2012). Devido as características citadas, a região do cerrado mineiro investe em mecanização como forma de otimizar as operações e reduzir os custos, isso faz com que a produção cafeeira ocorra de maneira acelerada, resultando em recordes de produtividade (OLIVEIRA et al. 2020). Porém, o uso intenso de máquinas e implementos compromete a estrutura física de alguns solos acarretando na compactação do mesmo (SHAHEB et al. 2021).

A alteração na estrutura física pode ser compreendida como a perda da capacidade do solo em desempenhar funções específicas, ao comprometer a conservação do solo, afetará sua capacidade produtiva (NAVARRO et al., 2021). A compactação é gerada por essa alteração na estrutura física, afetando não só o crescimento do cafeeiro como também sua longevidade, uma vez que compromete o desenvolvimento da raiz e de sua busca por água e nutrientes (TAYLOR E BRAR, 1991) e (TAVARES et al., 2001). Existem indicadores da qualidade física dos solos para medir essa compactação, podendo citar: densidade do solo, porosidade total, tamanho e distribuição dos poros, índice de compressão e estabilidade dos agregados (STEFANOSKI et al., 2013). Ao identificar que o nível de compactação daquele solo começou a limitar a produtividade, faz-se necessário o uso de medidas alternativas, como é o caso dos escarificadores e subsoladores, frequentemente utilizados para mitigar a compactação do solo. Essas medidas são efetivas para redução da densidade do solo e resistência mecânica a penetração, porém sua efetividade pode variar significativamente ao longo dos meses ou anos (SEKI et al., 2015).

É correto afirmar que a subsolagem em pré-plantio é capaz de reduzir a resistência mecânica à penetração na linha do cafeeiro e a técnica de escarificação é usual para

descompactar o solo, visto que possui o objetivo de arejar o solo e conseqüentemente melhorar a drenagem do mesmo, favorecendo o desenvolvimento da raiz (SOUZA et al., 2014) (TORRES et al., 1998). Entretanto, atualmente busca-se cada vez mais técnicas menos invasivas com intuito de melhorar a qualidade do solo, a sustentabilidade e dessa forma aumentar a produtividade (NAVARRO et al., 2021)

O cultivo de plantas de cobertura pode ser uma alternativa viável além de ser uma importante prática de manejo conservacionista, com objetivo de melhorar não só as condições química e biológica como também a física, uma vez que irão propiciar o rompimento eficiente das camadas compactadas, tirando o efeito de adensamento dos solos e atuando na redução da erosão eólica e hídrica (FARIAS et al., 2013; VILLAMIL et al., 2006; BAETS et al., 2011). A escolha das espécies varia de acordo com o tipo de cultivo, época de semeadura e da disponibilidade hídrica (PIRES et al., 2008). Muitas espécies de cobertura apresentam um agressivo sistema radicular que aumentam os índices de poros totais, conseqüentemente melhorando as condições físicas do solo, o que as permitem serem rotuladas como plantas descompactadoras (KOU DAHE et al., 2022).

Outra característica interessante das plantas de cobertura é a capacidade de suprimir plantas daninhas, pois afetam seu crescimento e desenvolvimento. Tal característica pode ser explicada através da liberação de substâncias alelopáticas, geradas por efeitos bioquímicos das plantas (CH et al., 2016; KELTON et al. 2012).

Uma vez controladas as plantas daninhas, é possível reduzir o uso de controle químico, sendo assim tem-se uma economia de herbicidas (ANGUS et al., 2015). Para avaliar o efeito das plantas de cobertura sob às plantas daninhas é necessário realizar o estudo fitossociológico, que nos permite caracterizar e comparar as espécies presentes na área (CONCENÇO et al., 2013). Com ele, é possível obter a frequência, frequência relativa, densidade, densidade relativa, abundância relativa e índice do valor de importância (GOMES et al., 2010).

Portanto, o uso de plantas de cobertura em lavouras cafeeiras pode ser uma alternativa que gera muitos benefícios, entre eles a redução da compactação e o controle de plantas daninhas, mantendo a qualidade do solo e reduzindo o uso de produtos químicos. Pode-se dizer que são capazes de interferir diretamente nas qualidades químicas, biológicas e físicas do solo (KERVROËDAN et al., 2018; PEREZ et al., 2017).

## REFERÊNCIAS

ANGUS, J. F. et al. Break crops and rotations for wheat. **Crop and pasture science**, v. 66, n. 6, p. 523-552, 2015.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. 2021. Disponível em: <file:///C:/Users/debor/Downloads/E-book\_BoletimZdeZSafrasZcafe.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2022.

CONCENÇO, G. et al. Phytosociological surveys: tools for weed science?. **Planta Daninha**, v. 31, p. 469–482, 2013.

BAETS, S. et al. Cover crops and their erosion-reducing effects during concentrated flow erosion. **Catena**, [s. l.], v. 85, n. 3, p. 237–244, 2011.

FARIAS, L. N. et al. Características morfológicas e produtivas de feijão guandu ano cultivado em solo compactado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 497–503, 2013.

FERNANDES, A. L. T. et al. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 231–240, 2012.

GOMES, G. et al. Weed community assessment in the banana culture. **Planta Daninha**, v. 28, n. 1, p. 61–68, 2010.

KELTON, J.; PRICE, A. J.; MOSJIDIS, J. Allelopathic weed suppression through the use of cover crops. **Weed Control**, v. 2, p. 953–978, 2012.

KERVROËDAN, L. et al. Plant functional trait effects on runoff to design herbaceous hedges for soil erosion control. **Ecological Engineering**, v. 118, p. 143–151, 2018.

KOUDAHE, K.; ALLEN, S. C.; DJAMAN, Koffi. Critical review of the impact of cover crops on soil properties. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 10, p. 343-354, 2022.

NAVARRO, R. et al.. Manejo do solo para o sistema de cultivo do café no brasil.

**Enciclopedia Biosfera**, [S. l.], v. 18, n. 38, 2021.

OLIVEIRA, B. R. et al. Technical-economic viability of mechanized picking coffee (*Coffea arabica* L.) in up to three annual operations. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 18, n. 1, p. e0201-e0201, 2020.

PEREZ, J.; SALAZAR, R. C.; STOKES, A. An open access database of plant species useful for controlling soil erosion and substrate mass movement. **Ecological Engineering**, v. 99, p. 530–534, 2017.

PIRES, F. R. et al. Manejo de plantas de cobertura antecessoras à cultura da soja em plantio direto. **Revista Ceres**, v. 55, n. 2, p. 94-101, 2008.

SEKI, A. S. et al. Efeitos de práticas de descompactação do solo em área sob sistema plantio direto1. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, p. 460–468, 2015.

SHAHEB, M. R.; VENKATESH, R.; SHEARER, S. A. A review on the effect of soil compaction and its management for sustainable crop production. **Journal of Biosystems Engineering**, p. 1-23, 2021.

SOUZA, J. M. et al. Atributos físicos do solo em lavoura de cafeeiro conilon submetida à subsolagem. **Revista Engenharia na Agricultura-Revang**, v. 22, n. 5, p. 413–425, 2014.

STEFANOSKI, D. C. et al. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 17, p. 1301–1309, 2013.

TAVARES FILHO, J. et al. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 725-730, 2001.

TAYLOR, H.M.; BRAR, G. S. Effect of soil compaction on root development. **Soil and**

**Tillage Research**, v. 19, n. 2-3, p. 111-119, 1991.

TORRES, E. et al. Avaliação de sistemas de preparo do solo, rotação de culturas e semeadura da soja. **Londrina, Embrapa Soja**, 1998.

VILLAMIL, M. B. et al. No-till corn/soybean systems including winter cover crops: Effects on soil properties. **Soil Science Society of America Journal**, v. 70, n. 6, p. 1936–1944, 2006.

ZAIDAN, U. R. **Sistemas conservacionistas de manejo integrado de plantas daninhas na cultura do café**. 2020. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Departamento de solos Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2020.

## CAPÍTULO I

### EFEITO DAS PLANTAS DE COBERTURA E MOBILIZAÇÃO MECÂNICA NA QUALIDADE FÍSICA DO SOLO

#### RESUMO

A cafeicultura destaca-se como uma das principais commodities do Brasil. Para obtenção de altas produtividades o uso da mecanização tornou-se indispensável. Contudo, o uso intensivo de mecanização pode alterar a estrutura do solo e favorecer a compactação ao longo dos anos. O uso de plantas de cobertura descompactadoras tem sido uma alternativa para reduzir a compactação do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de plantas de cobertura e do escarificador mecânico, sem cobertura vegetal, sobre a compactação de um solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura argilosa cultivados com a cultura do café (*Coffea* sp.). O trabalho foi desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa, *campus* Rio Paranaíba, em uma área experimental de café, caracterizado por um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura argilosa. Foram utilizados três fatores: planta de cobertura (*Urochloa ruziziensis*, *Raphanus sativus*, *Crotalaria juncea*) e mobilização mecânica (escarificador), camadas do solo (0,1 a 0,6 cm) e posição (entre linha e rodado). Os tratamentos foram adotados por dois anos consecutivos, em delineamento em blocos ao acaso com três repetições. Foram avaliados os parâmetros densidade do solo (Ds), microporosidade, macroporosidade, porosidade total e resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) na projeção do rodado e na entre linha do cafeeiro. Não houve diferença estatística entre as plantas de cobertura e a escarificação mecânica para as variáveis densidade do solo, microporosidade, macroporosidade e porosidade total. A Ds e a RMSP foram maiores na projeção do rodado dos tratores em comparação aos valores obtidos na entre linha do cafeeiro. A RMSP foi maior na escarificação mecânica na projeção do rodado em comparação com as plantas de cobertura. As plantas de cobertura influenciaram a RMSP e a umidade do solo ao longo das profundidades. Concluiu-se que a densidade do solo é maior na projeção do rodado em comparação com a posição entre linha.

Palavras-chaves: Atributos físicos do solo. Tráfego de máquinas. Densidade do solo.

## CHAPTER I

### **EFFECT OF COVER PLANTS AND MECHANICAL SCARIFICATION WITHOUT COVERAGE AS DECOMPACTORS AGENTS OF A RED-YELLOW OLISOL GROWN WITH COFFEE CULTURE (*Coffea sp.*)**

#### **ABSTRACT**

Coffee growing stands out as one of the main commodities in Brazil. In order to obtain high productivity, the use of mechanization has become indispensable. However, the intensive use of mechanization can change the soil structure and favor compaction over the years. The use of uncompacting cover crops has been an alternative to reduce soil compaction. The objective of this work was to evaluate the effects of cover crops and mechanical scarifier, without vegetation cover, on the compaction of a dystrophic Red-Yellow Latosol, clay texture cultivated with coffee (*Coffea sp.*). The work was carried out at the Federal University of Viçosa, Rio Paranaíba campus, in an experimental coffee area, characterized by a dystrophic Red-Yellow Latosol, clayey texture. Three factors were used: cover plant (*Urochloa ruzizienses*, *Raphanus sativus*, *Crotalaria juncea*) and mechanical mobilization (scarifier), soil layers (0.1 to 0.6 cm) and position (between row and rotated). The treatments were adopted for two consecutive years, in a randomized block design with three replications. The parameters soil density (Ds), microporosity, macroporosity, total porosity and soil mechanical resistance to penetration (RMSP) were evaluated in the projection of the wheel and in the inter-row of the coffee tree. There was no statistical difference between cover crops and mechanical scarification for soil density, microporosity, macroporosity and total porosity. The Ds and the RMSP were higher in the projection of the tractor wheels compared to the values obtained in the inter-row of the coffee tree. The RMSP was higher in the mechanical scarification in the projection of the wheelset compared to the cover crops. Cover crops influenced RMSP and soil moisture at depths. It was concluded that the soil density is higher in the projection of the wheelset compared to the inter-row position.

**Keywords:** Physical attributes of the soil. Machine traffic. Soil density.



## 1. INTRODUÇÃO

O uso intenso das áreas agrícolas atrelado ao manejo inadequado do solo, resulta na perda de sua qualidade, permitindo o processo de diminuição dos poros, aumento da densidade e aumento na resistência a penetração, limitando o crescimento e desenvolvimento das raízes e consequentemente afetando a produção (MENDES, 2020).

As operações mecanizadas facilitam e agilizam todo o manejo da lavoura, porém se utilizadas de maneira indevida e em excesso podem gerar danos aos atributos físicos do solo como já citados, uma vez que modificam sua estrutura, resultando na compactação por exemplo, (BARBOSA et al., 2019; OZPINAR; OZPINAR; CAY, 2018).

A determinação dos valores críticos que limitam o crescimento e produtividade das interações que envolvem esses atributos, de forma isolada possui um grau elevado de complexidade, sendo comum o uso da resistência mecânica a penetração (RMSP), densidade do solo, porosidade e a densidade de partículas, para avaliação física do solo (SANTOS et al., 2011; BATISTA et al., 2017; TAVARES et al., 2014).

A resistência do solo à penetração tem sido comumente utilizada para identificar camadas compactadas (REICHERT et al., 2010). Com a compressão do solo o ar dos poros é expulso, o que limita sua capacidade de infiltrar água, resultando na redução do teor dessa, ademais, a resistência promove a baixa estabilidade dos agregados do solo (KALHORO et al., 2017).

A umidade do solo influencia totalmente a resistência à penetração, sendo recomendado que a avaliação seja feita quando a umidade estiver próxima à capacidade de campo (ALMEIDA et al., 2012). Para cultura do café existe um fator importante a ser levado em consideração, a área de trabalho para mecanização é limitada a pequenas faixas na entre linha, mantendo a passagem de máquinas no mesmo lugar, localizado próxima a saia do café, área tal que coincide com a região de concentração das raízes ativas, ocasionando compactação numa área crítica, podendo afetar seriamente o desempenho da planta (CARVALHO FILHO et al., 2004; GONTIJO et al., 2007). Os valores críticos para resistência à penetração variam entre 6 e 7 Mpa para solos arenosos e 2,5 Mpa para solos argilosos (GERARD et al., 1982).

Já a densidade do solo, é definida como a massa por unidade de volume de solo seco, incluindo as partículas sólidas e seu espaço poroso (BRADY; WEIL, 2013). As características originais de cada solo, além das práticas de manejo influem sobre o valor crítico de densidade (Ds). Em solos com porcentagem de argila inferior a 20% o valor crítico de Ds é de 1,65 g cm<sup>-3</sup>

<sup>3</sup>, para solos com porcentagem de argila entre 20 e 55% o valor crítico de Ds é de 1,55 g cm<sup>-3</sup> e para solos com porcentagem de acima de 55% o valor crítico de Ds é de 1,45 g cm<sup>-3</sup> (REINERT et al., 2001).

Para mitigar esses efeitos que causam a diminuição na qualidade do solo é necessário adotar alternativas menos invasivas, como as plantas de cobertura que vem sendo usadas como aliadas no manejo e conservação do solo. Algumas espécies em específico apresentam maior efetividade, pois quebram a impedância mecânica que é produzida sob seu massivo sistema radicular (PACHECO et al., 2016).

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos e a efetividade de plantas de cobertura sobre a compactação de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura argilosa cultivados com a cultura do café (*Coffea* sp.), além de avaliar a mobilização mecânica do solo por um escarificador, sem cobertura vegetal, usando como comparativo os resultados do trabalho realizado no ano anterior.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Caracterização do local do experimento**

Para atender os objetivos pressupostos, foi instalado um experimento na área experimental de café da Universidade Federal de Viçosa (UFV), *Campus* Rio Paranaíba (19° 12' 43'' S e 46° 07' 56'' W).

O clima da região é classificado como Aw de acordo com a escala de Köppen, sendo quente e úmido, com estação seca bem definida e inverno seco e frio (NOVAIS et al., 2008). O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo com textura argilosa distrófico (LVAd).

Anteriormente, um mesmo experimento foi instalado na área, sendo assim esse presente estudo foi replicado, no período de novembro de 2020 e maio de 2021, esse local é utilizado para ensaios de cultivares de café arábica e conilon.

### **2.2. Implantação do experimento**

A área experimental já estava instalada desde 2014, onde foi montada em esquema de blocos casualizados, com três repetições de cada variedade de café. Para os tratamentos desse estudo, foram considerados três fatores, sendo eles: planta de cobertura e mobilização mecânica; profundidade de avaliação e posição avaliada (entre-linha do café e rodado do trator).

Para o fator plantas de cobertura, foram consideradas as espécies utilizadas no experimento do ano anterior, sendo elas: braquiária (*Urochloa ruziziensis*); nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e crotalária (*Crotalaria juncea*) e como implemento de mobilização mecânica foi considerado o escarificador.

O estudo deu-se início em novembro de 2020, quando foi realizada a primeira aplicação de herbicida para controle de plantas daninhas, utilizando Roundup Original DI na dosagem de 6 litros p.c há<sup>-1</sup>. Após 21 dias da limpeza química da área, foi realizada a abertura dos sulcos de plantio simultaneamente à aplicação de adubo com uma semeadora-adubadora da marca Jumil, modelo MG05PLVO4L, que possui 4 linhas espaçadas em 0,5 m e considerando a dosagem de adubo de 220 Kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 8-28-26. Já com os sulcos abertos, a semeadura das plantas de cobertura foi feita de forma manual e na mesma época foi passado o escarificador da marca BALDAN CEH de 5 hastes, nos tratamentos de mobilização mecânica.

### 2.3. Densidade e porosidade do solo

A densidade do solo foi determinada nas camadas de 0,0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,3 m, considerando duas posições de coleta: entre-linha do café e rodado do trator, utilizando o método de anel volumétrico (EMBRAPA, 2017). As amostras indeformadas foram coletadas em anéis volumétricos de 100 cm<sup>3</sup>, utilizando um trado de Uhland.

A seguinte, os anéis foram identificados e protegidos com pano poroso e borracha, armazenados e levados ao Laboratório de Manejo e Conservação do Solo, para que então seja determinada a densidade e porosidade. As amostras foram dispostas na mesa de tensão até atingir sua saturação, em torno de 12 horas, seguindo de pesagem em balança de precisão de 0,01g e colocadas novamente em mesa de tensão para serem succionadas por tensão a 6 kPa até o ponto de equilíbrio, para posterior pesagem. Ao final, essas amostras foram secas em estufa de ventilação forçada a 105°C até obtenção de massa constante, seguida de pesagem e então através de cálculos (Equação 1) foram determinadas as densidades, sendo esses valores expressos em g.cm<sup>-3</sup>, descontando a massa do anel volumétrico, pano poroso e borracha.

$$\text{Equação 1: } D_s = \frac{M_a}{V}$$

D<sub>s</sub>= densidade do solo (g.cm<sup>-3</sup>).

M<sub>a</sub>= massa da amostra seca a 105°C em estufa (até atingir peso constante) (g).

V= volume do cilindro (cm<sup>3</sup>).

O método do balão volumétrico foi utilizado para determinar a porosidade, que se dá através da relação entre a densidade do solo seco em estufa e a densidade de partículas (Equação 2), (DONAGEMA et al., 2011). Esse método consiste em pesar 20g de solo retirado da estufa e transferi-lo para um balão volumétrico de 50 ml, em seguida adiciona-se álcool etílico até completar o balão, anotando-se o volume gasto de álcool.

$$\text{Equação 2: } D_p = \frac{M_a}{50 - V}$$

D<sub>p</sub>= densidade de partículas (g.cm<sup>-3</sup>).

M<sub>a</sub>= massa da amostra seca a 105°C (g).

V= volume utilizado para completar o balão com a amostra (mL).

Após a determinação da densidade de partículas e a densidade do solo seco, calculou-se a porosidade total (Equação 3).

Equação 3:

$$PT = \left(1 - \frac{D_s}{D_p}\right) 100$$

PT= porosidade total (cm<sup>3</sup>.cm<sup>-3</sup>).

D<sub>s</sub>= densidade do solo (g.cm<sup>-3</sup>).

D<sub>p</sub>= densidade de partículas sólidas do solo (g.cm<sup>-3</sup>).

A microporosidade foi determinada pelo volume de água retirada nos microporos das amostras indeformadas submetidas a mesa de tensão citada acima, considerando a pesagem da amostra após o tempo de equilíbrio e descontando-se a massa do solo seco (DONAGEMA et al., 2011). Para tal determinação utilizou-se o seguinte cálculo (Equação 4):

Equação 4:

$$M_i = \frac{(a - b)}{c}$$

Mi= microporosidade ( $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ ).

a= massa do solo seco + água retida após equilíbrio a 6 kPa (g).

b= massa do solo seco a 105 °C (g).

c= volume do anel volumétrico ( $\text{cm}^3$ ).

A macroporosidade, por sua vez, é dada pela diferença da porosidade total e a microporosidade (Equação 5).

Equação 5:

$$Ma = (PT - Mi)$$

Ma= macroporosidade ( $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ )

PT= porosidade total ( $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ )

Mi= microporosidade ( $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ )

#### 2.4. Resistência mecânica à penetração do solo

A resistência do solo à penetração foi obtida através do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planasulcar-Stolf, ponta cônica tipo 2, com diâmetro de 12,83 mm e ângulo sólido de 30°, êmbolo padrão de 4 Kg e altura de deslocamento do embolo de 0,4 m, (ASAE, 1999), considerando as camadas de 0,0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,3; 0,3-0,4; 0,4-0,5; 0,5-0,6 m e duas posições: entre-linha e rodado. A transformação dos dados obtidos da penetração da haste no solo (impacto  $\text{dm}^{-1}$ ) foram transformados conforme (STOLF, 1991), e posteriormente multiplicado pelo fator 0,098 para transformação da resistência mecânica do solo \_a penetração em Mpa (Equação 6).

Equação 6:

$$IC = \left( \frac{Mg + mg}{A} \right) + \left[ \left( \frac{M}{M + m} \right) \times \left( \frac{Mg \times h}{A + P} \right) \right]$$

IC= índice de cone ( $\text{kgf.cm}^{-2}$ )

Mg= massa do peso do êmbolo (kgf)

mg= massa do penetrômetro sem o êmbolo (kgf)

A= área da base do cone ( $\text{cm}^2$ )

M= massa do êmbolo (Kg)

m= massa do penetrômetro sem o êmbolo (Kg)

h= altura de queda do êmbolo (cm)

P= penetração unitária ocasionada por um impacto (cm)

## 2.5. Umidade do solo

A umidade (U%) foi determinada a partir da retirada de amostras do solo nas camadas 0,1 a 0,2 m; 0,2 a 0,3 m; 0,3 a 0,4 m; 0,4 a 0,5 m; 0,5 a 0,6 m, utilizando um trado holandês, que em seguida foram levadas ao laboratório. Utilizou-se do método gravimétrico padrão, baseando-se na massa do solo seco em estufa, por um período de 24 horas, a uma temperatura de 105°C, até obtenção de massa constante posterior cálculos (Equação 7).

Equação 7:

$$U = \frac{M_u - M_s}{M_s} \times 100$$

U = umidade do solo (%)

M<sub>u</sub>= massa inicial (g)

M<sub>s</sub>= massa final (g)

## 2.6. Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de homocedasticidade de Bartlett e ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Atendendo as pressuposições de normalidade e homogeneidade os dados foram submetidos a Análise de Variância (ANOVA). Quando significativas as médias foram comparadas pelo teste de Tukey e Scott-Kott ( $P < 0,05$ ). Para análises estatísticas utilizou-se o Software R (R CORE-TEAM, 2022).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos deram não significativos para a densidade do solo, microporosidade, macroporosidade e porosidade total, em função das posições na entre-linha do café e rodado do trator em relação às plantas de cobertura: Braquiária (Bra), Crotalaria (Cro),

Nabo Forrageiro (Nab) e o tratamento de mobilização mecânica que foi o uso do escarificador sem cobertura vegetal (Tabela 1). Observa-se na mesma tabela que os valores do coeficiente de variação (CV) para macroporosidade são considerados altos perante a literatura, sendo de 101,49% (Tabela 1), 101,17% (Tabela 2) e 99,2% (Tabela 3). Para Warrick e Nielsen (1980), quando se trata de atributos do solo, os valores de CV devem ser menores de 52%. Segundo Steel et al., (1997) vários fatores podem influenciar os valores do CV como erro experimental, ataques de pragas, doenças, entre outros.

Tabela 1. Médias para Densidade do solo, Microporosidade, Macroporosidade e Porosidade Total em Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com café, Rio Paranaíba-MG.

Densidade ( $\text{g.cm}^{-3}$ ) <sup>ns</sup>						
Posição	Plantas de cobertura e mobilização mecanização do solo				Média	CV (%)
	Bra	Cro	Nab	Sem cobertura		
Entre Linha	1,04	1,04	1,06	0,88	1,01	14,41
Rodado	1,13	1,09	1,08	0,96	1,07	
Média	1,09	1,07	1,07	0,92	1,04	
Microporosidade ( $\text{dm}^3.\text{dm}^{-3}$ ) <sup>ns</sup>						
Posição	Plantas de cobertura e mobilização mecanização do solo				Média	CV (%)
	Bra	Cro	Nab	Sem cobertura		
Entre Linha	0,42	0,43	0,39	0,40	0,41	13,23
Rodado	0,42	0,42	0,39	0,39	0,41	
Média	0,42	0,43	0,39	0,40	0,41	
Macroporosidade ( $\text{dm}^3.\text{dm}^{-3}$ ) <sup>ns</sup>						
Posição	Plantas de cobertura e mobilização mecanização do solo				Média	CV (%)
	Bra	Cro	Nab	Sem cobertura		
Entre Linha	0,14	0,15	0,16	0,21	0,17	101,49
Rodado	0,11	0,11	0,16	0,19	0,14	
Média	0,13	0,13	0,16	0,19	0,15	
Porosidade total ( $\text{dm}^3.\text{dm}^{-3}$ )						
Posição	Plantas de cobertura e mobilização mecanização do solo				Média	CV (%)
	Bra	Cro	Nab	Sem cobertura		
Entre Linha	0,56	0,57	0,56	0,60	0,57	11,57
Rodado	0,53	0,55	0,55	0,58	0,55	
Média	0,55	0,56	0,55	0,59	0,56	

<sup>ns</sup> Não significativo. Plantas de cobertura: Bra: Braquiária; Cro: Crotalária; Nab: Nabo Forrageiro; Sem cobertura: escarificação mecânica, sem cobertura vegetal no solo.

A quantidade de macroporos, microporos e porosidade total, é influenciada pelo tráfego constante das máquinas, fazendo com que diminua, aumente e diminua, respectivamente esses atributos, acarretando o aumento da densidade do solo, de acordo com Moraes et al. (2018). O que não foi encontrado por esse trabalho, uma vez que a macroporosidade, microporosidade e porosidade total, não apresentaram diferença estatística em função da posição avaliada (Tabela 1) e as camadas do solo (Tabela 2). Os resultados apresentados podem ter sido influenciados pelo curto período em que foram realizadas as avaliações (KOUDAHE et al. (2022)). Ademais, o experimento instalado no ano anterior na mesma, onde foram utilizadas as mesmas espécies de plantas de cobertura e implemento para os tratamentos de mobilização mecânica sem cobertura (escarificador), pode ter minimizado a influência nas propriedades do solo (DELGADO, 2021). Outra explicação é de que as plantas de cobertura já desempenharam sua função na redução da compactação do solo no rodado do trator (BENETTI et al., 2023).

Permite-se dizer avaliando de forma isolada, que de acordo com os valores de macroporos e a densidade do solo nesse trabalho, as raízes do cafeeiro não estão sofrendo limitações, visto que foram superiores a  $0,10 \text{ dm}^3$  e inferior a  $1,55 \text{ g.cm}^{-3}$ , respectivamente, pois segundo Reinert et al., (2001) e Michelon et al. (2009) os valores de macroporos e de densidade do solo que se encontram nesse intervalo estão dentro do ideal considerando os valores críticos.

Outrossim, não foi observado interação entre as profundidades do solo para a densidade, microporosidade, macroporosidade e porosidade total em relação as plantas de cobertura: Braquiária (Bra), Crotalária (Cro), Nabo Forrageiro (Nab) e o escarificador sem cobertura vegetal (Sem cobertura) (Tabela 2).

Entretanto, os valores de densidade que foram apresentados nesse trabalho estão no intervalo de  $0,86$  a  $1,11 \text{ g.cm}^{-3}$ , que são valores abaixo do valor crítico que é de  $1,55 \text{ g.cm}^{-3}$ . Segundo Reinert et al. (2001) valores de densidade do solo acima de  $1,55 \text{ g.cm}^{-3}$  dificultam o desenvolvimento radicular das plantas. Pois a alta densidade do solo dificulta o transporte de água e gases no solo (FONSECA et al., 2007).

Além disso, outro fator que tem que ser levado em consideração é a macroporosidade do solo. Foi observado que os valores de macroporosidade nesse trabalho ficaram entre  $0,11$  e  $0,21 \text{ dm}^3.\text{dm}^{-3}$  (Tabela 1, 2 e 3) e segundo Reinert et al. (2001) valores de macroporosidade acima de  $0,10 \text{ dm}^3.\text{dm}^{-3}$  estão dentro do ideal para melhor oxigenação das raízes.



Tabela 2. Médias para a Densidade do Solo, Microporosidade, Macroporosidade e Porosidade Total, utilizando plantas de cobertura e mobilização mecânica de solo sem cobertura com as camadas de solo em um solo Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com café, Rio Paranaíba – MG.

Densidade ( $\text{g.cm}^{-3}$ ) <sup>ns</sup>						
Camada do solo (m)	Plantas de cobertura e mobilização mecanização do solo				Média	CV (%)
	Bra	Cro	Nabo	Sem cobertura		
0,0 a 0,1	1,09	1,02	1,03	0,86	1,00	
0,1 a 0,2	1,09	1,08	1,09	0,93	1,05	
0,2 a 0,3	1,08	1,08	1,11	0,93	1,05	14,01
0,3 a 0,4	1,08	1,08	1,06	0,95	1,04	
Média	1,09	1,07	1,07	0,92	1,04	
Microporosidade ( $\text{dm}^3.\text{dm}^{-3}$ ) <sup>ns</sup>						
Camada do solo (m)	Plantas de cobertura e mobilização mecanização do solo				Média	CV (%)
	Bra	Cro	Nabo	Sem cobertura		
0,0 a 0,1	0,43	0,43	0,37	0,40	0,41	
0,1 a 0,2	0,41	0,41	0,40	0,40	0,40	
0,2 a 0,3	0,42	0,43	0,39	0,39	0,41	13,36
0,3 a 0,4	0,41	0,44	0,40	0,40	0,41	
Média	0,42	0,43	0,40	0,40	0,41	
Macroporosidade ( $\text{dm}^3.\text{dm}^{-3}$ ) <sup>ns</sup>						
Camada do solo (m)	Plantas de cobertura e mobilização mecanização do solo				Média	CV (%)
	Bra	Cro	Nabo	Sem cobertura		
0,0 a 0,1	0,12	0,15	0,18	0,21	0,17	
0,1 a 0,2	0,13	0,14	0,16	0,21	0,16	
0,2 a 0,3	0,12	0,13	0,17	0,18	0,15	101,17
0,3 a 0,4	0,14	0,11	0,14	0,17	0,14	
Média	0,13	0,13	0,16	0,19	0,15	
Porosidade total ( $\text{dm}^3.\text{dm}^{-3}$ ) <sup>ns</sup>						
Camada do solo (m)	Plantas de cobertura e mobilização mecanização do solo				Média	CV (%)
	Bra	Cro	Nabo	Sem cobertura		
0,0 a 0,1	0,55	0,58	0,55	0,61	0,57	
0,1 a 0,2	0,54	0,54	0,56	0,61	0,56	
0,2 a 0,3	0,54	0,57	0,56	0,58	0,56	11,26
0,3 a 0,4	0,55	0,55	0,55	0,57	0,55	
Média	0,55	0,56	0,55	0,59	0,56	

<sup>ns</sup> Não significativo. Plantas de cobertura: Bra: Braquiária; Cro: Crotalaria; Nab: Nabo Forrageiro; Sem cobertura: escarificação mecânica, sem cobertura vegetal.

Foi observado interação significativa entre a posição e a densidade do solo, macroporosidade e porosidade total em relação às profundidades. A densidade do solo foi maior nas profundidades de 0,1 a 0,4 m em comparação com a profundidade 0,0 a 0,1 m para a posição rodado. Além disso, houve diferença estatística entre a posição entre linhas e rodado para as profundidades 0,0 a 0,3 m sendo que a densidade do solo foi maior na posição rodado do que na posição entre linha (Tabela 3).

Tabela 3. Desdobramento da interação camada do solo e posição avaliada, para Densidade do Solo, Microporosidade, Macroporosidade e Porosidade Total em solo Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com café, Rio Paranaíba-MG.

Densidade						
Posição	Camada do solo (m)*				Média	CV (%)
	0,0 a 0,1	0,1 a 0,2	0,2 a 0,3	0,3 a 0,4		
Entre Linha	0,96 aA	1,01 aB	1,02 aB	1,02 aB	1,01	13,96
Rodado	1,03 bA	1,08 bB	1,08 bB	1,07 aB	1,07	
Média	1,00	1,05	1,05	1,04	1,04	
Microporosidade						
Posição	Camada do solo (m)*				Total	CV (%)
	0,0 a 0,1	0,1 a 0,2	0,2 a 0,3	0,3 a 0,4		
Entre Linha	0,41 aA	0,41 aA	0,41 aA	0,41 aA	0,41	13,41
Rodado	0,41 aA	0,41 aA	0,41 aA	0,41 aA	0,41	
Total	0,41	0,40	0,41	0,41	0,41	
Macroporosidade						
Posição	Camada do solo (m)*				Média	CV (%)
	0,0 a 0,1	0,1 a 0,2	0,2 a 0,3	0,3 a 0,4		
Entre Linha	0,18 aA	0,18 aA	0,16 aB	0,15 aB	0,17	99,2
Rodado	0,14 bA	0,14 bA	0,15 aA	0,13 aA	0,14	
Média	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	
Porosidade total						
Posição	Camada do solo (m)*				Média	CV (%)
	0,0 a 0,1	0,1 a 0,2	0,2 a 0,3	0,3 a 0,4		
Entre Linha	0,59 aA	0,58 aA	0,56 aB	0,56 aB	0,57	11,22
Rodado	0,55 bA	0,55 bA	0,56 aA	0,55 aA	0,55	
Média	0,57	0,56	0,56	0,55	0,47	

\*Médias seguidas da mesma letra, minúscula entre linhas e letras maiúscula entre as colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade.

Ainda, foi observado que a macroporosidade e a porosidade total da posição entre linhas foi menor nas profundidades de 0,2 a 0,4 m em comparação com a camada de 0,0 a 0,2 m. Ainda, observa-se que a macroporosidade e porosidade total foi maior na posição entre linha

em comparação com a posição rodado, para as camadas entre 0,0 e 0,2 m, em função da compressão exercida pelo rodado dos tratores. (Tabela 3).

A maior densidade do solo, assim como menor macroporosidade e porosidade total e maior RMPS na posição do rodado em comparação com a posição entre linha, a pode estar relacionada com o tráfego de maquinário empregado na lavoura nos últimos anos (Tabelas 3 e 4). Pois o local de tráfego de maquinário apresenta uma maior densidade do solo em comparação com áreas que não há tráfego de maquinário porque há uma pressão exercida pela roda do trator que favorece o aumento da densidade do solo (LAMANDÉ; SCHJØNNING, 2011).

Foi observado que a RMPS foi menor na posição entre linha do que na posição rodado para as plantas de cobertura Bra, Cro, Nab e Sem cobertura para todos os tratamentos, com valores inferiores aos 2 MPa, considerado como crítico para diversas culturas. Além disso, a RMPS na posição entre linhas foi maior na cobertura Cro e Nab em comparação com a cobertura Bra e Sem cobertura. Ainda, pode-se observar que a RMPS na posição rodado foi menor na cobertura Bra, seguido pela cobertura Cro, Nab e Sem cobertura respectivamente, em que, sem cobertura apresentou a maior RMSP, com valor de 3,10 (Tabela 4).

Tabela 4. Desdobramento da interação do local de avaliação com as plantas de cobertura e mobilização mecânica do solo sem cobertura, em cafeeiro, para Resistência Mecânica do Solo à Penetração e Umidade do solo em Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com café, Rio Paranaíba-MG.

Resistência Mecânica a Penetração (MPa)*						
Posição	Plantas de cobertura e mobilização mecânica do solo				Média	CV (%)
	Bra	Cro	Nab	Sem cobertura		
Entre Linha	1,55 aA	1,92 aB	1,97 aB	1,63 aA	1,82	20,66
Rodado	2,05 bA	2,84 bB	2,84 bB	3,10 bC	1,75	
Média	1,80	2,38	2,41	2,36	1,78	
Umidade do Solo (%)*						
Posição	Plantas de cobertura e mobilização mecânica do solo				Média	CV (%)
	Bra	Cro	Nab	Sem cobertura		
Entre Linha	19,69 aA	21,62 aB	16,46 aA	15,11 bA	18,24	7,68
Rodado	13,83 bA	19,51 aB	16,05 aA	19,98 aB	19,33	
Média	16,76	20,57	16,25	17,54	18,78	

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula entre linhas e letras maiúsculos entre as colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Plantas de cobertura: Bra: Braquiária; Cro: Crotalaria; Nab: Nabo Forrageiro; Sem cobertura: escarificação mecânica sem cobertura vegetal.

Outrossim, foi observado na posição entre linhas que a umidade do solo foi maior na cobertura Cro seguida pelas coberturas Bra, Nab e Sem cobertura, sendo a Sem cobertura a que apresentou a menor umidade no valor de 15,11% (Tabela 4). Segundo Sharma et al. (2018) a umidade do solo ser maior onde há plantas de coberturas está relacionada com a capacidade das plantas de cobertura em reduzir a evaporação, além de reter a água da chuva ou irrigação favorecendo a infiltração no solo. Nas posições Entre Linha e Rodado, observa-se que a braquiária proporcionou menor RMSD, quando comparada às demais plantas de cobertura, mesmo apresentando menor umidade no solo. Provavelmente, isto é, devido ao seu sistema radicular ser fasciculado e mais rústico.

Ao comparar-se a RMSD com a umidade do solo, verifica-se que este estava mais seco na região do rodado para as áreas com braquiária, e apresentou 2,05 MPa, valor ligeiramente acima do considerado crítico, estando assim superestimado tal valor e portando, sem problemas de compactação. Já para as áreas com crotalaria ocorre realmente efeitos de compactação na região da projeção do rodado dos tratores (2,84 MPa), que apresentam valores de RMSD acima do considerado crítico (2,0 MPa), mesmo estando mais úmidos. Para as áreas com nabo forrageiro, apesar de apresentarem os mesmos valores de RMSD (2,84 MPa) que as áreas de crotalaria, estavam mais secos, não permitindo afirmar-se estarem compactados, baseando-se apenas nos valores de RMSD, visto que a umidade interfere diretamente na RMSD. Finalmente, analisando-se as áreas na projeção do rodado dos equipamentos agrícolas, que sofreram escarificação mecânica, sem cobertura vegetal em sua superfície apresentaram elevada compactação, com valores de 3,10 MPa, mesmo em alta umidade do solo (19,98%).

Houve interação significativa entre a profundidade e a resistência mecânica a penetração (RMPS) em relação as plantas de cobertura. Foi observado que as coberturas influenciaram a resistência mecânica a penetração e umidade do solo nas profundidades, entretanto, não é possível afirmar haver maior compactação entre um tipo de cobertura vegetal e outro, bem como entre as camadas avaliadas, em função da não uniformidade de umidade do solo (Tabela 5).

Tabela 5. Desdobramento da interação plantas de cobertura e mobilização mecânica do solo sem cobertura com as camadas do solo, para Resistência Mecânica do Solo à Penetração e Umidade do solo em Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com café, Rio Paranaíba-MG.

Resistência Mecânica a Penetração (MPa)*						
Camada do solo (m)	Plantas de cobertura e mobilização mecânica do solo				Média	CV (%)
	Bra	Cro	Nab	Sem cobertura		
0,0 a 0,1	2,05 bB	3,10 aC	1,18 cA	1,97 aB	2,08	
0,1 a 0,2	1,55 cB	1,63 bB	1,41 bB	1,15 bA	1,44	
0,2 a 0,3	2,84 aC	2,98 aC	1,13 cA	1,83 aB	2,20	
0,3 a 0,4	1,92 bB	1,58 bB	1,13 cA	1,24 bA	1,47	11,64
0,4 a 0,5	2,84 aB	3,10 aB	1,83 aA	2,14 aA	2,48	
0,5 a 0,6	1,97 bC	1,49 bB	1,49 bB	1,13 bA	1,52	
Média	2,20	2,31	1,36	1,58	1,78	

Umidade do Solo (%)*						
Camada do solo (m)	Plantas de cobertura e mobilização mecânica do solo				Média	CV (%)
	Bra	Cro	Nab	Sem cobertura		
0,0 a 0,1	13,83 bA	19,98 bB	19,00 bB	15,19 bA	16,67	
0,1 a 0,2	19,69 aB	15,11 cA	22,94 aC	18,64 aB	16,77	
0,2 a 0,3	19,00aB	17,13 cA	21,16 aB	17,43 bA	18,83	
0,3 a 0,4	21,00aB	12,96 dA	24,74 aC	20,75 aB	18,10	10,09
0,4 a 0,5	16,05 bB	13,50 dA	18,42 bB	17,05 bB	20,39	
0,5 a 0,6	16,46 bA	23,99 aB	18,42 bA	17,24 bA	21,94	
Média	17,86	17,11	20,78	17,72	18,78	

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula entre linhas e letras maiúscula entre as colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

Plantas de cobertura: Bra: Braquiária; Cro: Crotalaria; Nab: Nabo Forrageiro; Sem cobertura: escarificação mecânica sem cobertura vegetal.

Foi observado interação entre a posição e a RMSP em relação à camada do solo na posição rodado a RMPS foi menor na profundidade de 0,0 a 0,1 m e na posição entre linha a RMSP foi menor nas profundidades de 0,0 a 0,1 m, 0,3 a 0,6 m. Além disso, foi observado que a RMSP foi maior na posição rodado, com valor de 2,82 MPa na posição rodado e de 1,69 MPa na posição entre linha (Tabela 6). Resultado semelhante foi observado na avaliação realizada no ano anterior, seguindo mesma metodologia utilizada nesse trabalho e na mesma área, onde a RMPS foi maior na posição rodado com valor médio de 1,91 MPa (DELGADO, 2021).

Segundo Reintan et al. (2009) a densidade do solo e a RMSP é maior onde há o tráfego de maquinários. Beutler et al. (2008) observaram que a RMSP ficou entre 1,64 e 2,35 MPa nos locais onde o tráfego de maquinários é constante. Os resultados maiores RMPS para a posição

rodado em comparação a posição entre linhas pode ser devido à pressão que os pneus do trator causam no solo, pois segundo Shah et al. (2017) a rodagem de tratores pode causar compactação do solo aumentando a resistência do solo à penetração.

Tabela 6. Desdobramento de interação local de avaliação e camada do solo para Resistência Mecânica do Solo à Penetração e Umidade de solo em Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com café, Rio Paranaíba-MG.

Posição	Resistência Mecânica a Penetração (MPa)						Média	CV (%)
	Camada do solo (m)*							
	0,0 a 0,1	0,1 a 0,2	0,2 a 0,3	0,3 a 0,4	0,4 a 0,5	0,5 a 0,6		
Entre Linha	1,55 bA	1,92 bB	1,97 bB	1,63 bA	1,58 bA	1,49 bA	1,69	7,07
Rodado	2,06 aA	2,84 aB	2,84 aB	3,10 aB	2,98 aB	3,10 aB	2,82	
Média	1,803	2,383	2,407	2,364	2,280	2,294	2,25	
Posição	Umidade de Solo (%)*						Média	CV (%)
	Camada do solo (m)							
	0,0 a 0,1	0,1 a 0,2	0,2 a 0,3	0,3 a 0,4	0,4 a 0,5	0,5 a 0,6		
Entre Linha	19,69 aC	21,62 aC	16,46 aB	15,11 bB	12,96 bA	23,99 aD	18,30	11,11
Rodado	13,83 bA	19,51 aC	16,05 aA	19,98 aC	17,13 aB	13,50 bA	16,66	
Média	16,763	20,566	16,26	17,545	15,043	18,748	17,48	

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula entre linhas e letras maiúscula entre as colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

Outrossim, foi observado que a umidade do solo na posição entre linha foi maior nas camadas do solo de 0,0 a 0,1m e de 0,5 a 0,6 m e na posição rodado foi maior nas profundidades de 0,1 a 0,2 m e 0,3 a 0,4 m (Tabela 6). Resultado diferente do apresentado em avaliações anteriores, onde a umidade do solo foi maior na posição entre linha (DELGADO, 2021). Segundo Campos et al. (1994) a manutenção da umidade do solo nem sempre está relacionado as plantas de cobertura, pois dependem de outras variáveis como condições ambientais, culturas utilizadas e manejo.

De acordo com Acharya et al. (2019) as plantas de cobertura influenciam a umidade do solo ao longo das camadas do solo, pois as plantas de cobertura facilitam a drenagem de água ao longo do perfil do solo. Além disso, a umidade do solo é um fator importante no processo de compactação do solo (Tabela 4, 5 e 6), pois quanto maior a umidade do solo no momento do tráfego de máquinas menor será a resistência do solo, alterando as propriedades físicas do solo (LOPES et al., 2011).

#### 4. CONCLUSÃO

A densidade do solo é maior na projeção do rodado em comparação com a posição entre linha.

A braquiária proporciona menor RMSP tanto na posição Entre Linha, quanto rodado, quando comparado às demais plantas de cobertura, mesmo estando o solo com menor umidade, provavelmente devido à sua maior rusticidade e sistema radicular fasciculado.

A variação da umidade do solo não permitiu concluir que nos maiores valores de RMSP há maior compactação.

#### REFERÊNCIAS

ACHARYA, B. S. et al. Winter cover crops effect on soil moisture and soybean growth and yield under different tillage systems. **Soil and Tillage Research**, v. 195, p. 104430, 2019.

ALMEIDA, C. X. de et al. Funções de pedotransferência para a curva de resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1745-1755, 2012.

ASAE - AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Soil cone penetrometer. In: **ASAE Standards 1999: standards engineering practices data**. 46<sup>th</sup> ed. St. Joseph, p.834-835, 1999.

BARBOSA, L. C. et al. Soil physical quality associated with tillage practices during sugarcane planting in south-central Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 195, p. 104383, 2019.

BATISTA, P. H. D. et al. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo sob colheita mecanizada de capim-buffel no Agreste Pernambucano. **Revista Engenharia na Agricultura-REVENG**, v. 25, n. 4, p. 307–317, 2017.

BENETTI, M. et al. How Much Impact Has the Cover Crop Mulch in Mitigating Soil Compaction?—A Field Study in North Italy. **Agronomy**, v. 13, n. 3, p. 686, 2023.

BEUTLER, A. N. et al. Soil compaction by machine traffic and least limiting water range related to soybean yield. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1591-1600, 2008.

CAMPOS, B. C. et al. Avaliação temporal da umidade do solo como consequência do tipo e percentagem de cobertura vegetal. **Ciência Rural**, v. 24, p. 459-463, 1994.

CARVALHO FILHO, A.; DA SILVA, R. P.; FERNANDES, A. L. T. Compactação do solo em cafeicultura irrigada. Uberaba, Universidade de Uberaba, 2004. 44p. **Boletim Técnico**, v. 3.

COLLARES, G. L. et al. Compactação de um Latossolo induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade de feijão e trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 933–942, 2008.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>>. Acesso em: 25 jul. 2022.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3 Ed. Porto Alegre: Ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 686 p.

DELGADO, E. U. A. **Culturas de cobertura na supressão de plantas daninhas e atributos físicos do solo cultivado com café**. 2021 Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba. MG. 2021.

DONAGEMA, G. K. et al. Manual de métodos de análise de solo. **Embrapa Solos- Documentos (INFOTECA-E)**, 2011.

FONSECA, G. C. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de Latossolo Vermelho Distrófico de cerrado sob duas rotações de cultura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 1, p. 22-30, 2007.

FRANCZISKOWSKI, M. A. et al. Propriedades físicas do solo nos sistemas de plantio direto e preparo reduzido com diferentes plantas de cobertura. **Revista Engenharia na Agricultura**,



v. 27, n. 6, p. 556–564, 2019.

GERARD, C. J.; SEXTON, P.; SHAW, G. Physical factors influencing soil strength and root growth 1. **Agronomy journal**, v. 74, n. 5, p. 875-879, 1982.

GONTIJO, I. et al. Planejamento amostral da pressão de preconsolidação de um latossolo vermelho distroférico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1245-1254, 2007.

KALHORO, S. A. et al. Effects of different land-use systems on soil aggregates: a case study of the Loess Plateau (Northern China). **Sustainability**, v. 9, n. 8, p. 1349, 2017.

KOUDAHE, K.; ALLEN, S. C.; DJAMAN, K. Critical review of the impact of cover crops on soil properties. **International Soil and Water Conservation Research**, v.10, p. 343-354, 2022.

LAMANDÉ, M.; SCHJØNNING, P. Transmission of vertical stress in areal soil profile. Part I: Site description, evaluation of the Söhne model, and the effect of topsoil tillage. **Soil and Tillage Research**. v. 114, p. 57–70, 2011.

LOPES, E. S. et al. Avaliação da umidade na compactação do solo submetido ao tráfego de máquinas de colheita florestal. **Revista Árvore**, v. 35, p. 659-667, 2011.

MENDES, D. F. **Variabilidade espacial e resposta espectral de atributos físicos e substâncias húmicas de um latossolo sob cafeicultura no Cerrado mineiro**. 2020.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG. 2020.

MICHELON, C. J. et al. Qualidade física dos solos irrigados de algumas regiões do Brasil Central. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 39-45, 2009.

MORAES, M. T. D. et al. Corn crop performance in an Ultisol compacted by tractor traffic. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 4, p. 464-477, 2018.

NOVAIS, G. T.; PEREIRA, K. G. O. A subtropicalidade nas serras mineiras: uma proposta de classificação climática para o sudeste brasileiro. **Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Alto Caparaó, 2008.

OZPINAR, S.; OZPINAR, A.; CAY, A. Soil management effect on soil properties in traditional and mechanized vineyards under a semiarid Mediterranean environment. **Soil and Tillage Research**, v. 178, p. 198–208, 2018.

PACHECO, L. P. et al. Shoot and root development of brachiaria grass (*Urochloa ruziziensis*) under different levels of soil density. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 10, p. 1424–1428, 2016.

R CORE TEAM (2022). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SILVA, V. R. Propriedades físicas de solos em sistema plantio direto irrigado. **Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul. Santa Maria**, v. 1, p. 114–133, 2001.

REINTAM, E. et al. Soil compaction effects on soil bulk density and penetration resistance and growth of spring barley (*Hordeum vulgare* L.). **Acta Agriculturae Scandinavica Section B–Soil and Plant Science**, v. 59, n. 3, p. 265-272, 2009.

SANTOS, G. A. et al. Compaction susceptibility of a yellow-red latossol subjected to different methods of weed control in a coffee field. **Coffee Science**, v. 5, n. 2, p. 123–136, 2011.

SILVA, M. P. et al. Plantas de cobertura e qualidade química e física de Latossolo Vermelho distrófico sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 1, p. 60–67, 2017.

SHAH, A. N. et al. Soil compaction effects on soil health and cropproductivity: an overview. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 11, p. 10056-10067, 2017.

- SHARMA, P. et al. The role of cover crops towards sustainable soil health and agriculture— A review paper. **American Journal of Plant Sciences**, v. 9, n. 9, p. 1935-1951, 2018.
- STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. New York: McGraw-Hill, 1997. 666 p.
- STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência de solo. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 15, n. 3, p. 229–235, 1991.
- TAVARES, U. E. et al. Variabilidade espacial da resistência à penetração e da umidade do solo em Neossolo Flúvico. **Water Resources and Irrigation Management-WRIM**, v. 3, n. 2, p. 79–89, 2014.
- TEIXEIRA, P. C. et al. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2017, 573 p.
- WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. **Spatial variability of soil physical properties in the field**. In: HILLEL, D., ed. Applications of soil physics. New York, Academic Press, 1980. p.319-344.

## CAPÍTULO II

### SUPRESSÃO DE PLANTAS DANINHAS COM USO DE CULTURAS DE COBERTURA NA CAFEICULTURA

#### RESUMO

O cafeeiro destaca-se como uma das commodities mais importantes do Brasil. Para obtenção de altas produtividades o uso da mecanização tornou-se indispensável. Porém o uso da mecanização na lavoura resulta em maior incidência de plantas daninhas, ocasionadas pelo maior espaçamento entre linhas na cultura do café. As plantas daninhas competem com a cultura do café pelo espaço, nutrientes e água. No entanto, o uso de plantas de cobertura tem sido uma alternativa para o controle de plantas daninhas. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos do plantio direto das plantas de cobertura braquiária (*Urochloa ruziziensis*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), crotalária (*Crotalaria juncea*), em comparação à escarificação mecânica do solo, sem cobertura vegetal, visando o controle de plantas daninhas em área cultivada com café. O trabalho foi desenvolvido na área experimental de café da Universidade Federal de Viçosa, campus Rio Paranaíba. Os tratamentos foram: T1 - braquiária; T2 - nabo forrageiro; T3 – crotalária e T4 - escarificação mecânica sem cobertura do solo, em delineamento em blocos ao acaso com três repetições. As plantas daninhas *Bidens pilosa* e *Conyza bonariensis* foram as que apresentaram os maiores índices fitossociológicos nas duas posições avaliadas. O tratamento crotalária foi o que apresentou os menores índices fitossociológicos. Diante disso, conclui-se que as plantas de cobertura reduzem a incidência de plantas daninhas. A Crotalária é a planta de cobertura mais eficiente no controle de plantas de daninhas. *Bidens pilosa* e *Conyza bonariensis* são as plantas daninhas com maior potencial de competição.

Palavras-chaves: Plantas daninhas. Análise fitossociológica. *Coffea* sp

## CHAPTER II

### SUPPRESSION OF WEED PLANTS WITH THE USE OF COVER CROPS IN COFFEE FARMING

#### ABSTRACT

The coffee tree stands out as one of the most important commodities in Brazil. In order to obtain high productivity, the use of mechanization has become indispensable. However, the use of mechanization in the crop results in a higher incidence of weeds, caused by the greater spacing between rows in the coffee crop. Weeds compete with the coffee crop for space, nutrients and water. However, the use of cover crops has been an alternative for weed control. The objective of this work was to evaluate the effects of no-tillage brachiaria (*Urochloa ruziziensis*), forage radish (*Raphanus sativus*), sunn hemp (*Crotalaria juncea*), in comparison to mechanical soil scarification, without vegetation cover, aiming at controlling weeds in coffee cultivated area. The work was developed in the experimental coffee area of the Federal University of Viçosa, Rio Paranaíba campus. Three factors were used: cover plant (*Urochloa ruziziensis*, *Raphanus sativus*, *Crotalaria juncea*) and mechanical mobilization (scarifier), soil layers (0.1 to 0.6 cm) and position (between row and rotated). The treatments were adopted for two consecutive years, in a randomized block design with three replications. The weeds *Bidens pilosa* and *Conyza bonariensis* were the ones that presented the highest phytosociological indices in the two evaluated positions. The sunn hemp treatment was the one that presented the lowest phytosociological indices. Therefore, it is concluded that cover crops reduce the incidence of weeds. *Crotalaria* is the most efficient cover crop in controlling weeds. *Bidens pilosa* and *Conyza bonariensis* are the weeds with the highest competition potential.

Keywords: Weed plants. Phytosociological analysis. *Coffee* sp.

## 1. INTRODUÇÃO

Em função da demanda de serviços para o manejo do café, busca-se cada dia mais alternativas que facilitem e otimizem a condução dessa cultura, dentre as atividades a serem desenvolvidas, o controle de plantas daninhas tem sido um dos grandes desafios, visto que essas plantas se adaptam rapidamente ao ambiente e são mais eficazes na disputa por recursos, como água, nutrientes e luz, prejudicando o café, principalmente nos primeiros anos e nas fases de florescimento e frutificação, afetando assim sua produção, (MELONI et al., 2013; ALCANTARA, NÓBREGA, FERREIRA, 2009; CONIBERTI et al. 2018). O fato dos espaçamentos adotados serem maiores por causa da mecanização contribui para uma maior incidência de plantas daninhas (BORGES et al., 2019; RONCHI et al., 2007).

Podem ser adotadas diversas estratégias de controle dessas plantas, sejam manuais (capinas), mecanizadas (roçadas) e, ou químicas (herbicidas), (LEMES et al., 2010). Esses métodos resultam num solo descoberto, podendo causar processos erosivos e perda de matéria orgânica. Além disso, quando utilizadas de maneira errônea, podem causar desequilíbrio ao ambiente, afetando de forma direta ou indireta o café (ALVES et al., 2011). O herbicida como é comumente utilizado, pode deixar alto efeito residual no solo, deixando-o contaminado, o que permite a redução do rendimento do café no ano seguinte (BRAINARD et al., 2011).

O uso de plantas de cobertura na entre-linha do café vem sendo estudado como forma de suprimir o crescimento das plantas daninhas sem causar danos ao solo e ambiente (ABOUZIENA; HAGGAG, 2016).

Diversas são as espécies com caráter descompactadoras, sua seleção depende de alguns fatores, tais como: desenvolvimento radicular, ciclo da cultura, adaptação da planta às condições climáticas da área, produção de massa seca e efeito alelopático (BORGES et al., 2019; FONSECA et al., 2007). Dessa forma, além de reduzir o uso de herbicida e manter o solo protegido, essas espécies permitem a ciclagem de nutrientes (PEREIRA et al., 2017).

Com isso, objetivou-se nesse trabalho, avaliar os efeitos das plantas de cobertura sobre as plantas daninhas na cultura do café, considerando as espécies: braquiária (*Urochloa ruziziensis*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), crotalária (*Crotalaria juncea*) e comparando com o uso de mobilização mecânica sem cobertura vegetal.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Caracterização do local do experimento

O experimento foi desenvolvido na área experimental de café da Universidade Federal de Viçosa (UFV), *Campus* Rio Paranaíba (19° 12' 43'' S e 46° 07' 56'' W), em um Latossolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa distrófico (LVAd). A região da área do experimento foi classificada como Cwb pela escala de Köppen e é caracterizada por apresentar altitude média de 1128 m, clima temperado úmido e duas estações bem definidas, verão moderadamente quente e chuvoso e inverno seco e frio. A temperatura média da região é de 20,4 °C e a pluviosidade média anual de 1570 mm. O experimento foi conduzido no período entre setembro de 2020 e maio de 2021, em área experimental utilizada para ensaios de cultivares de café arábica e conilon.

### 2.2. Implantação do experimento

A área experimental possui 14 genótipos comerciais de café, espaçados em 3,8 x 0,5 m. As mudas foram instaladas na área no ano de 2014, de acordo com o esquema em bloco casualizados, com três repetições. Cada genótipo possui 10 plantas por parcela.

Para os tratamentos foram semeadas nas entre linhas do cafezal três espécies vegetais com caráter de descompactadoras de solo pelo segundo ano consecutivo e outro tratamento com uma mobilização mecânica realizada com escarificador. Foram utilizados os seguintes tratamentos: cultivo com braquiária (*Urochloa ruziziensis*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), crotalária (*Crotalaria juncea*), e escarificação mecânica, sem cobertura do solo.

Anteriormente à semeadura das plantas de cobertura foi realizado o controle das plantas daninhas da área, sendo aplicado Roundup Original DI (6 L p.c.ha<sup>-1</sup>) na entrelinha da cultura, e 21 dias após a aplicação, foram instalados como tratamentos as plantas de cobertura.

Para a semeadura dessas plantas utilizou-se uma semeadora/adubadora Jumil modelo MG05 PLVO4L, ano 2013, sendo abertos sulcos espaçados de 0,50 m, com quatro linhas por passada da máquina e a escarificação mecânica do tratamento sem cobertura vegetal do solo. Para a mobilização mecânica utilizou-se o escarificador (BALDAN CEH de 5 Hastes, massa 253 kg) regulado para atuar até a profundidade de 0,30 m.

A semeadura das plantas de cobertura foi realizada de forma manual, nos sulcos abertos, sendo utilizados em cada metro linear, na linha de plantio: nabo forrageiro (0,3 gr), crotalária

(0,75 gr) e braquiária (0,15gr). A adubação foi a mesma para todos os tratamentos, sendo realizada de forma mecanizada por sulcos abertos cinco cm abaixo e ao lado dos sulcos das sementes, na dosagem de 220 kg/ha, com a fórmula 8-28-16.

### 2.3. Avaliação dos parâmetros

A avaliação fitossociológica foi realizada aos 0, 7, 14, 21 e 28 dias após a semeadura (DAS) das plantas de cobertura, sendo realizada a contagem das espécies de plantas daninhas presentes em cada unidade experimental. Foi contabilizado o número de plantas por espécie e a respectiva densidade de plantas, além do acúmulo de massa seca de plantas de cobertura e plantas daninhas. As plantas de cobertura e plantas daninhas, foram coletadas, separadas, contadas, identificadas e colocadas em sacos de papel para posterior determinação de massa seca. A massa seca foi obtida após a secagem em câmara de circulação forçada de ar, a 65°C, por 72 horas.

O estudo foi determinado pelas fórmulas propostas por Concenço et al., (2014). Foi determinado a Frequência (Equação 1), Frequência relativa (Equação 2), Densidade (Equação 3), Densidade Relativa (Equação 4), Abundância (Equação 5), Abundância Relativa (Equação 6) e Índice de Valor de Importância (Equação 7).

Equação (1):

$$Fre = \frac{A}{B}$$

Onde:

Fre: frequência.

A: número de parcelas que contém espécies de plantas daninhas.

B: Número total de parcelas.

Equação (2):

$$FER = \frac{Fe \times 100}{Ft}$$



Onde:

FER: frequência relativa.

Fe: frequência da espécie.

Ft: frequência total de todas as espécies.

Equação (3):

$$\text{Den} = \frac{A}{B}$$

Onde:

Den: densidade (m<sup>2</sup>).

A: número total de indivíduos por espécies de plantas daninhas.

B: área total coletada.

Equação (4):

$$\text{DER} = \frac{\text{De} \times 100}{\text{Dt}}$$

Onde:

DER: densidade relativa.

De: densidade da espécie de planta daninha.

Dt: densidade total de todas as espécies de plantas daninhas.

Equação (5):

$$\text{Abu} = \frac{\text{TI}}{\text{TP}}$$

Onde:

Abu: abundância.

TI: número total de indivíduos por espécie de planta daninha.

TP: número total de parcelas com a espécie de planta daninha.

Equação (6):

$$\text{ABR} = \frac{\text{AE} \times 100}{\text{AT}}$$

Onde:

ABR: abundância relativa.

AE: abundância da espécie de planta daninha.

AT: abundância total de todas as espécies de plantas daninhas.

Equação (7):

$$IVI = FER + DER + ABR$$

Onde:

IVI: índice do valor de importância.

DER: densidade relativa.

FER: frequência relativa.

ABR: abundância relativa.

Para a avaliação fitossociológica foi utilizado um quadro metálico de 0,5 x 0,5 m (0,25 m<sup>2</sup>), o qual foi lançado por duas vezes, ao acaso, em cada parcela. Para cada espécie presente foram estimadas a densidade, a frequência, a dominância e o valor de importância. As áreas foram ainda intra-analisadas quanto a diversidade de espécies pelos índices de Simpson (D) e de Shannon-Weiner modificado (H') conforme Barbour et al. (1998), e a sustentabilidade dos sistemas de cultivo a partir de dados estáticos foi estimada pelo coeficiente SEP.

Para o índice de diversidade de população de plantas daninhas foi utilizado os índices de Shannon-Wiener (H), e Simpson (D), pois incorporam tanto a riqueza quanto a equitabilidade, conforme indicado por Barbour et al. (1987). Quando o índice D (Equação 8) aumenta a diversidade diminui, enquanto o índice H (Equação 9) é mais sensível às espécies pouco representadas, este índice, torna-se elevado se tiver um grande número de espécies pouco representadas.

Equação (8):

$$D = 1 - \sum (p_i)^2$$

Onde:

D: Coeficiente de Simpson.

p<sub>i</sub>: Proporção de todos os indivíduos das amostras que pertencem a espécie i.

Equação (9):

$$H' = -\sum(\pi_i) (\log_2 \pi_i)$$

Onde:

H: Coeficiente de Shannon-Wiener.

$\pi_i$ : Proporção de todos os indivíduos das amostras que pertencem a espécie  $i$ .

O índice de similaridade (Equação 10), obtida pela equação de Jaccard (1901), busca apresentar de maneira objetiva o nível de semelhança entre duas ou mais comunidades. Em contraposição também existe o índice de dissimilaridade (Equação 11), que traduz a distância (não semelhança) entre duas situações.

Equação (10):

$$J = \frac{c}{a+b-c}$$

Onde:

J: Coeficiente de similaridade de Jaccard.

a: número de espécies de plantas na situação "a".

b: número de espécies de plantas na situação "b".

c: número de espécies de plantas comuns nas situações "a" e "b".

Equação (11):

$$D_i = 1 - J$$

Onde:

$D_i$ : Dissimilaridade.

J: Coeficiente de similaridade de Jaccard.

Após a obtenção das distâncias pelo índice de Jaccard foi gerado um dendrograma pelo método de agrupamento UPGMA.

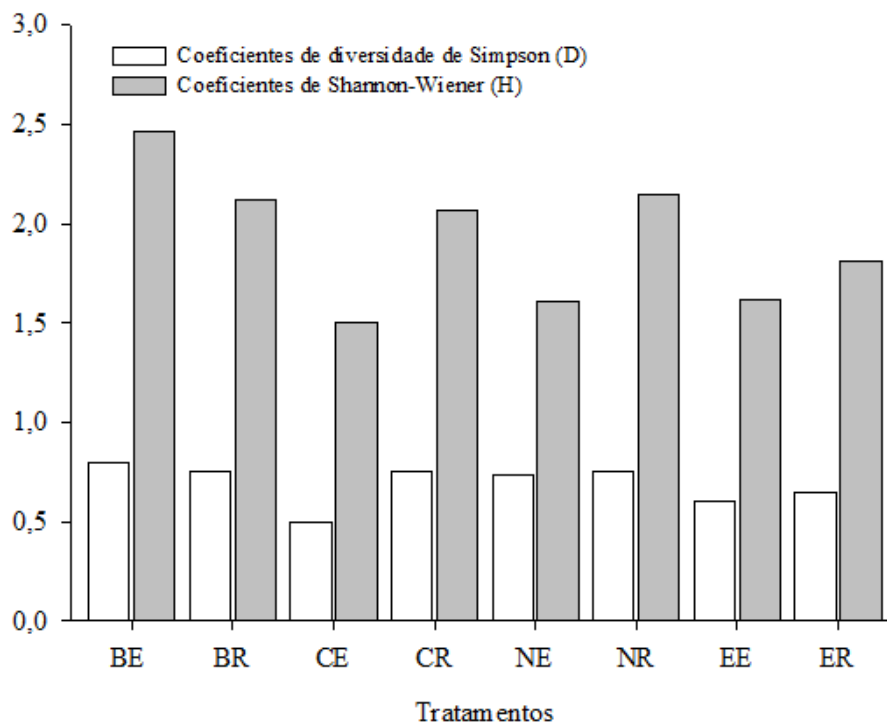
## 2.4. Análise estatística

Para análises estatísticas utilizou-se o Software R (R CORE-TEAM, 2022), por meio dos pacotes Hmisc, plyr, Cairo e ExpDes. Para o coeficiente de diversidade utilizou-se o pacote vegdist e para similaridade vegan.

## 3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Não foi observado diferenças entre os tratamentos para os coeficientes de diversidade de Simpson (D), entretanto para o coeficiente de diversidade de Shannon-Weiner (D) os tratamentos que apresentaram os maiores valores foram a BE e NR (Figura 1). De acordo com Barbour et al. (1998), os coeficientes de diversidade D e H são utilizados para a melhor compreensão da variedade de indivíduos em uma comunidade vegetal. Ainda, o coeficiente de diversidade D está relacionado à abundância das espécies em uma amostra e o coeficiente de diversidade H está relacionado à ocorrência de espécies raras de uma amostra.

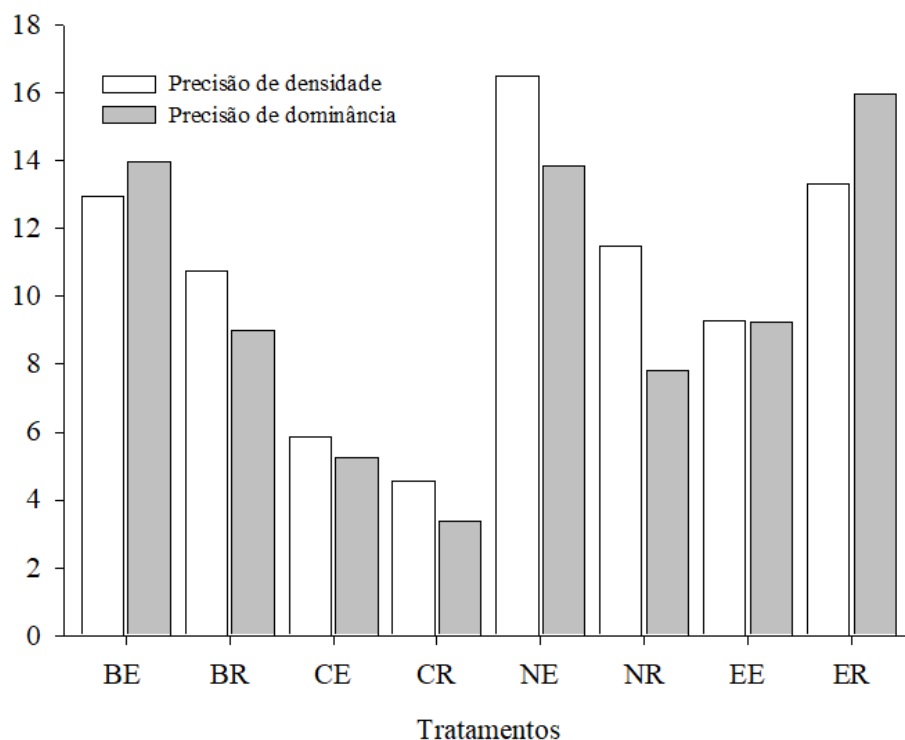
Figura 1. Coeficientes de diversidade de Simpson (D) e Shannon-Weiner (H) em função da cultura implantada. Rio Paranaíba - MG, 2021. BE – braquiária entre linha; BR – braquiária rodado; CE -crotalária entre linha; CR – crotalária rodado; NE – nabo entre linha; NR -nabo rodado. EE – escarificação sem cobertura entre linha; ER – escarificação sem cobertura rodado.



Segundo Concenco et al., (2014) quanto menor o coeficiente de diversidade de Simpson (D) e Shannon-Weiner (H) o tratamento é a mais homogênea em termos de diversidade. De acordo com os dados apresentados nesse trabalho o tratamento braquiária entre linhas (BE) foi o que apresentou a maior diversidade e o tratamento crotalária entre linha (CE) foi o mais homogêneo.

Os dados a precisão da amostragem para densidade e dominância entre as plantas de cobertura e a escarificação mecânica do solo, avaliados na entrelinha e na projeção do rodado do trator, em área cultivada com a cultura do café demonstrou que todas as áreas foram amostradas de forma confiável (Figura 2). De acordo com Concenco et al., (2014) valores de precisão iguais ou acima de 1% demonstra que a área foi amostrada com precisão e confiabilidade.

Figura 2. Precisão da amostragem para densidade e dominância em relação às plantas de cobertura do solo, em duas posições de coleta; Pr.De: precisão de densidade e Pr.Do: Precisão de dominância, Rio Paranaíba - MG, 2021. BE – braquiária entre linha; BR – braquiária rodado; CE -crotalária entre linha; CR – crotalária rodado; NE – nabo entre linha; NR -nabo rodado. EE – escarificação sem cobertura entre linha; ER – escarificação sem cobertura rodado.



*Bidens pilosa* e *Conyza bonariensis* apresentaram os maiores valores para todos os parâmetros fitossociológicos avaliados em comparação as outras plantas daninhas (Tabela 1). Os resultados apresentados podem estar relacionados a capacidade da espécie *Bidens pilosa* de

competir na extração de nutrientes do solo com outras plantas mesmo em baixa densidade (RONCHI et al., 2003). Ainda, o ciclo da espécie *Bidens pilosa* pode favorecer sua consolidação em uma área em relação a outras espécies de plantas daninhas, pois a germinação ocorre entre 2 e 5 dias e a formação do primeiro par de folhas cotiledonares ocorre a partir dos primeiros cinco dias, diferente da maioria das espécies de plantas daninhas que pode demorar mais de 10 dias (DUARTE et al. 2014).

Os resultados apresentados para *Conyza bonariensis* podem estar relacionados com as características da planta daninha principalmente relacionada a viabilidade da semente ao longo do tempo e a produção massiva de sementes (WU et al., 2007). Além disso, espécies de *Conyza bonariensis* tem alto potencial alelopático sendo os mais comuns os fenólicos e ácidos fenólicos, o que favorece a capacidade de competição dessa espécie (BAJWA et al., 2016).

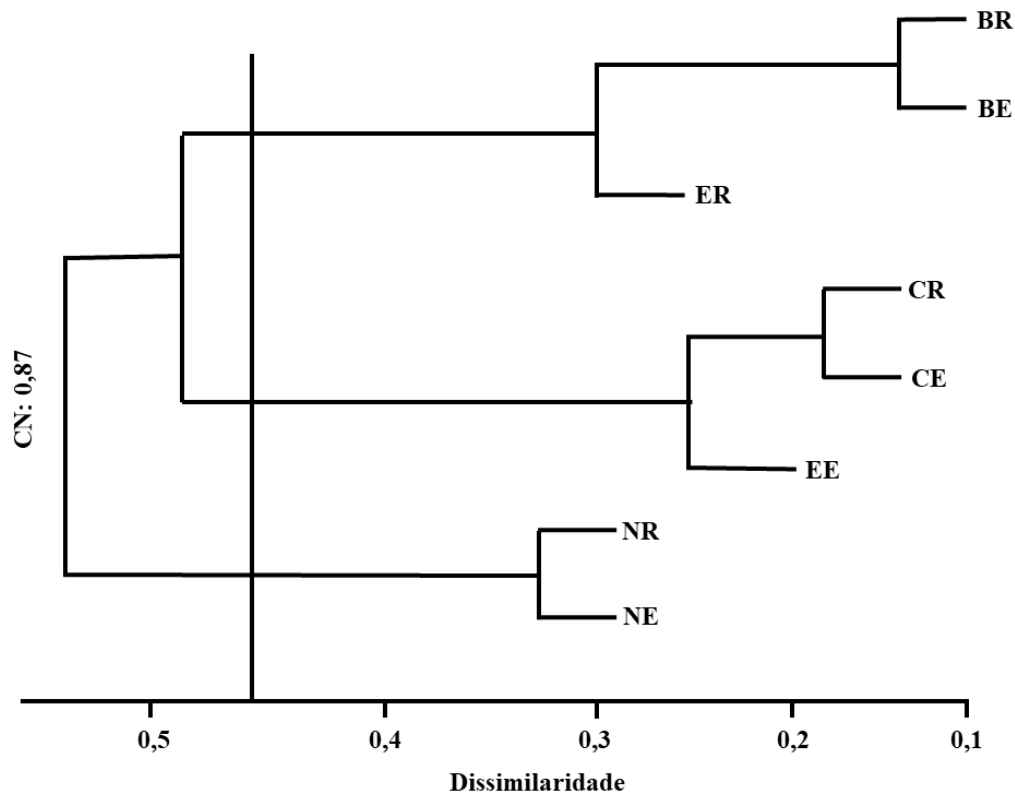
Além disso, foi observado que a planta de cobertura Crotalária apresentou o menor valor de IVI e menor número de espécies infestantes em comparação com os outros tratamentos (Tabela 1). Essa característica apresentada nos resultados pode estar relacionada com o potencial alelopático de espécies de crotalária. Segundo Teixeira et al. (2004) a espécie *Crotalaria juncea* tem potencial de supressão do desenvolvimento de *Bidens pilosa* reduzindo a velocidade de crescimento.

Tabela 1. Valores de Densidade (Den), Frequência (Fre), Dominância (Do), Índice de Valor de Importância (IVI), de plantas daninhas em diferentes plantas de cobertura Braquiária, Crotalária, Nabo forrageiro e Sem cobertura, com duas posições: entre linha e rodado do café.

Espécies	Braquiária entre linha				Braquiária rodado			
	Den	Fre	Do	IVI	Den	Fre	Do	IVI
<i>Amaranthus deflexus</i>	0,84	0,11	1,44	0,8	2,44	0,21	2,6	1,75
<i>Bidens pilosa</i>	26,89	0,96	25,45	17,77	31,71	0,96	29,92	20,86
<i>Commelina benghalensis</i>	0	0	0	0	1,22	0,11	1,2	0,84
<i>Conyza bonariensis</i>	24,37	1,06	26,53	17,32	18,29	0,85	20,25	13,13
<i>Galinsoga parviflora</i>	9,24	0,43	11,01	6,89	2,44	0,21	3,41	2,02
<i>Melampodium perfoliatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nicandra physalodes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
Espécies	Crotalária entre linha				Crotalária rodado			
	Den	Fre	Do	IVI	Den	Fre	Do	IVI
<i>Amaranthus deflexus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bidens pilosa</i>	10,71	0,75	8,59	6,68	13,27	0,75	10,08	8,03
<i>Commelina benghalensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Conyza bonariensis</i>	16,96	0,96	19,02	12,31	22,45	0,96	22,85	15,42
<i>Galinsoga parviflora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melampodium perfoliatum</i>	5,36	0,43	5,12	3,64	22,45	0,75	23,14	15,45
<i>Nicandra physalodes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
Espécies	Nabo entre linha				Nabo rodado			
	Den	Fre	Do	IVI	Den	Fre	Do	IVI
<i>Amaranthus deflexus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bidens pilosa</i>	31,69	1,17	31,96	21,61	33,33	0,96	34,4	22,9
<i>Commelina benghalensis</i>	1,41	0,11	1,23	0,92	2,08	0,11	1,54	1,24
<i>Conyza bonariensis</i>	23,94	1,28	24,92	16,71	15,62	0,75	15,99	10,79
<i>Galinsoga parviflora</i>	0,7	0,11	0,73	0,51	3,12	0,21	2,73	2,02
<i>Melampodium perfoliatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nicandra physalodes</i>	0,7	0,11	0,47	0,43	3,12	0,21	2,37	1,9
Espécies	Sem cobertura entre linha				Sem cobertura rodado			
	Den	Fre	Do	IVI	Den	Fre	Do	IVI
<i>Amaranthus deflexus</i>	2,08	0,11	1,44	1,21	0,46	0,43	0,47	0,45
<i>Bidens pilosa</i>	37,5	1,28	38,92	25,9	37,96	1,06	38,47	25,83
<i>Commelina benghalensis</i>	0	0	0	0	0,93	0,21	0,77	0,64
<i>Conyza bonariensis</i>	3,12	0	2,59	1,9	0	0	0	0
<i>Galinsoga parviflora</i>	0	0,32	0	0,11	1,39	0	1,5	0,96
<i>Melampodium perfoliatum</i>	33,33	1,28	34,4	23	39,35	0,96	38,53	26,28
<i>Nicandra physalodes</i>	0	0,32	0	0,11	2,31	0,21	2,29	1,6

A análise de agrupamento por dissimilaridade indicou três grupos quanto à semelhança de ocorrência de plantas daninhas (Figura 3). O primeiro grupo é composto pelos tratamentos BR, BE e ER; o segundo grupo, é composto pelos tratamentos CR, CE e o EE, o terceiro grupo é composto pelos tratamentos NR e o NE (Figura 3), indicando que estes três *clusters* se assemelham a supressão de espécies daninhas devido á eficiente cobertura do solo.

Figura 3. Análise de agrupamento por dissimilaridade pelo método UPGMA com base nos coeficientes binários de Jaccard, em função da cultura implantada. Rio Paranaíba - MG, 2021. BR – braquiária rodado; BE – braquiária entre linha ER – escarificação sem cobertura rodado; CR – crotalaria rodado; CE – crotalaria entre linha; EE –escarificação sem cobertura entre linha; NR – nabo rodado; NE – nabo entre linha.



Outrossim, foi observado que o agrupamento das áreas mediante os clusters obtiveram um valor do coeficiente co-fenética (CN) de 0,87 (Figura 3). Resultado acima de 0,85 que é considerado por Sokal e Rohlf (1962) um indicativo de que os clusters foram agrupados adequadamente de acordo com os dados originais.



#### 4. CONCLUSÃO

Plantas de cobertura reduzem a incidência de plantas daninhas.

A Crotalária é a planta de cobertura mais eficiente no controle de plantas de daninhas.

*Bidens pilosa* e *Conyza bonariensis* são as plantas daninhas com maior potencial de competição.

#### REFERÊNCIAS

ABOUZIENA, H. F.; HAGGAG, W. M. Métodos alternativos de controle não químicos de plantas daninhas: Uma revisão. **Planta Daninha**, v. 34, p. 377–392, 2016.

ALCÂNTARA, E. N.; NÓBREGA, J. C. A.; FERREIRA, M. M. Métodos de controle de plantas daninhas no cafeeiro afetam os atributos químicos do solo. **Ciência Rural**, v. 39, p. 749-757, 2009.

BAJWA, A. A. et al. Biology and management of two important Conyza weeds: a global review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 24, p. 24694-24710, 2016.

BARBOUR, M. G. et al. **Terrestrial plant ecology**. Menlo Park: Benjamin/Cummings, 1998. 688p.

BRAINARD, D. C.; BELLINDER, R. R.; KUMAR, V. Grass–legume mixtures and soil fertility affect cover crop performance and weed seed production. **Weed Technology**, v. 25, n. 3, p. 473–479, 2011.

BORGES, L. G. M. et al. Response of arabica coffee cultivars to competition from beggarticks. **Planta Daninha**, v. 37, 2019.

CARVALHO, L. B.; ALVES, P.; BIANCO, S. Sourgrass densities affecting the initial growth and macronutrient content of coffee plants. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 109–115, 2013.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. 2021. Disponível em:

<<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>>. Acesso em: 25 jul. 2021.

CONCENÇO, G et al. Winter oilseed crops after soybeans as tools for weed management in Brazilian savannah cropping systems. **American Journal of Plant Sciences**, v. 2014, 2014.

CONIBERTI, A. et al. Under-trellis cover crop and planting density to achieve vine balance in a humid climate. **Scientia Horticulturae**, v. 227, p. 65–74, 2018.

DUARTE, E. F.; RAMOS, Y. C.; AONA-PINHEIRO, L. Y. S. Aspectos morfofisiológicos que condicionam a habilidade competitiva em populações de picão-preto. **Revista de Biologia Neotropical/Journal of Neotropical Biology**, v. 11, n. 1, p. 11-21, 2014

FONSECA, G. C. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado sob duas rotações de cultura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. V. 37, p. 22-30, 2007.

HAIDER, F. U.; CHEEMA, S. A.; FAROOQ, M. Impact of cover crops in improving agro-ecosystems including sustainable weed suppression-a review. **Pakistan Journal of Weed Science Research**, v. 25, n. 1, 2019.

JACCARD, P. Étude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et des Jura. **Bull Soc Vaudoise Sci Nat**, v. 37, p. 547-579, 1901.

LEME, P. H. M. V.; AGUIAR, B. H.; REZENDE, D. C. A convergência estratégica em Arranjos Produtivos Locais: uma análise sobre a cooperação entre atores em rede em duas regiões cafeeiras. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, p. 145–160, 2019.

LEMES, L. N. et al. Weed interference on coffee fruit production during a four-year investigation after planting. **African Journal of Agricultural Research**, p. 1138-1143, 2010.

MELLONI, R. et al. Métodos de controle de plantas daninhas e seus impactos na qualidade microbiana de solo sob cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 66-75, 2013.

ORTEGA, A. C.; JESUS, C. M. Território café do Cerrado: transformações na estrutura produtiva e seus impactos sobre o pessoal ocupado. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 49, p. 771–800, 2011.

PEREIRA, A. P. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura de verão. **Revista de ciências agrárias**, v. 40, n. 4, p. 799–807, 2017.

R CORE TEAM R: **A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. 2022.

RONCHI, C. P.; TERRA, A. A.; SILVA, A. A. Growth and nutrient concentration in coffee root system under weed species competition. **Planta daninha**, v. 25, p. 679–687, 2007.

SOKAL, R. R.; F. J. ROHLF. The comparison of dendrograms by objective methods. **Taxon**, v. 11, p. 33-40, 1962.

TEIXEIRA, C. M.; ARAÚJO, J. B. S.; CARVALHO, G. J. Potencial alelopático de plantas de cobertura no controle de picão-preto (*Bidens pilosa* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, p. 691-695, 2004.

VARGAS, L. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Embrapa Uva e Vinho, 2008.

WU, H. et al. Germination, persistence, and emergence of flaxleaf fleabane (*Conyza bonariensis* [L.] Cronquist). **Weed biology and Management**, v. 7, n. 3, p. 192-199, 2007.

## CONCLUSÕES GERAIS

As plantas de cobertura e a escarificação mecânica melhoraram os atributos do solo, destacando-se a planta de cobertura braquiária.

A densidade do solo e a RMSP é maior na projeção do rodado do trator quando comparados a entre linhas do cafeeiro.

As plantas de cobertura reduzem a incidência de plantas daninhas, sendo a Crotalária a mais eficiente. Em contrapartida, as plantas daninhas *Bidens pilosa* e *Conyza bonariensis* são as plantas daninhas com maior potencial de competição.

Estudos posteriores são necessários para melhor compreensão do efeito a longo prazo das plantas de cobertura nas propriedades do solo.