



**TÚLIO DE PAULA PIRES**

**DETERMINAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO COM MANEJOS  
VISANDO A OTIMIZAÇÃO DA ÁGUA NA CAFEICULTURA**

**LAVRAS – MG  
2023**

**TÚLIO DE PAULA PIRES**

**DETERMINAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO COM MANEJOS  
VISANDO A OTIMIZAÇÃO DA ÁGUA NA CAFEICULTURA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador

Profa. Dra. Dalysse Toledo Castanheira

Coorientador

Dr. Ademilson de Oliveira Alecrin

**LAVRAS – MG  
2023**

## AGRADECIMENTOS

À Deus e a Nossa Senhora Aparecida, por tamanha graça alcançada, que de certa forma são os responsáveis por tudo isso e sem eles nada é possível.

Aos meus pais Antônio Pires Filho e Matildes Azara de Paula Pires, por sempre me apoiar, e nunca medir esforços para contribuir com o meu crescimento pessoal e profissional, sempre me auxiliando, educando da melhor forma possível com todo amor e carinho.

Ao meu irmão Tomás de Paula Pires, por todo companheirismo, apoio e amizade.

À minha namorada Hellen Neves, por todo amor, amizade companheirismo e cumplicidade ao longo da minha vida, em especial durante o período de graduação.

Aos meus amigos da gloriosa república café e viola que fizeram de Lavras minha segunda casa.

À família Pires e Paula por serem exemplos na minha vida de união, religião, trabalho e que fizeram entender o verdadeiro significado de família.

Ao meu tio Marcos Antônio Pires, por todo apoio em específico por ser meu professor de café ao longo da vida. À minha tia Cristina de Paula, por todo apoio, amizade e companheirismo.

À Universidade Federal de Lavras, Departamento de Agronomia e em especial ao Setor de Cafeicultura e seus colaboradores pela acolhida e oportunidade de vivenciar, respirar café todos os dias durante a graduação.

À professora Doutora Dalysse Toledo Castanheira, pela orientação, disponibilidade e exemplo de pessoa, superação e de profissionalismo.

Ao coorientador Doutor Ademilson Alecrin, juntamente com a banca avaliadora, Samuel Cunha, Marina Vilela e Alisson Campos por contribuir para que esse trabalho fosse apresentado, em especial pela amizade, sempre me auxiliando aconselhando e ensinando a cada dia.

Aos núcleos de estudos NECAF, GHPD e NEI por contribuir de forma significativa na vida pessoal e profissional, por oferecer grande aprendizado e oportunidades durante todo período de graduação em especial pelos grandes amigos que fiz, amigos esses que irei levar por toda minha vida.

Aos meus amigos e professores da UFLA que tornaram esta jornada tão agradável e prazerosa a qual sinto orgulho de tê-los conhecidos e agradecer por tamanha contribuição Obrigado!

## RESUMO

A falta de água impacta diretamente na produtividade e a qualidade do cafeeiro, sobretudo durante a expansão e granação dos frutos. Apesar da irrigação atenuar tais efeitos, nem sempre ela está disponível ou dispõe de água em quantidade e qualidade suficientes para suprimir os requisitos do uso na cafeicultura. Logo, as estratégias para reduzir a vulnerabilidade dos agroecossistemas às mudanças climáticas se fazem cada vez mais necessárias. Nesse contexto, objetivou-se avaliar a determinação da fertilidade do solo com diferentes técnicas agronômicas visando a otimização da água na cafeicultura. O experimento foi conduzido em campo, no Departamento de Agricultura, no Setor de Cafeicultura da Universidade Federal de Lavras – UFLA. A implantação do experimento foi realizada em 2016 com mudas de café arábica do grupo Mundo Novo ‘IAC 379 -19’, com espaçamento de 3,6 metros nas entre linhas de plantio e 0,75 metros entre as plantas na mesma linha. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso com três repetições. Os fatores em estudo foram dispostos em esquema fatorial 3x2x5, perfazendo um total de 30 tratamentos alocados na área experimental em parcelas sub-subdivididas. Nas parcelas, foram casualizados três manejos de cobertura do solo (filme de polietileno, capim braquiária em manejo ecológico e vegetação espontânea), dois tipos de fertilizantes (convencional e fertilizante de liberação controlada) e cinco condicionadores de solo (casca de café, gesso agrícola, polímero retentor de água, composto orgânico e testemunha). Todos os tratamentos foram reaplicados anualmente. O uso de materiais orgânicos como condicionadores de solo associados ao uso de fertilizantes de liberação controlada são capazes de melhorar as qualidades químicas do solo, proporcionando uma maior construção da fertilidade tanto nas camadas superficiais quanto as mais profundas.

**Palavras-chave:** *Coffea arábica*. Fertilidade do solo. Racionalização d’água

## ABSTRACT

The lack of water has a direct impact on the productivity and quality of the coffee tree, especially during fruit expansion and graining. Although irrigation mitigates these effects, it is not always available or has water in sufficient quantity and quality to suppress the requirements for use in coffee growing. Therefore, strategies to reduce the vulnerability of agroecosystems to climate change are becoming increasingly necessary. In this context, the objective was to evaluate the construction of soil fertility with different agronomic techniques aimed at optimizing water in coffee growing. The experiment was carried out in the field, in the Department of Agriculture, in the Coffee Culture Sector of the Federal University of Lavras – UFLA. The implementation of the experiment was carried out in 2016 with seedlings of Arabica coffee from the Mundo Novo group 'IAC 379 -19', with a spacing of 3.6 meters between planting rows and 0.75 meters between plants in the same row. The experimental design was randomized blocks with three replications. The factors under study were arranged in a 3x2x5 factorial scheme, making a total of 30 treatments allocated in the experimental area in sub-subdivided plots. In the plots, three soil cover managements (polyethylene film, palisade grass in ecological management and vegetation), two types of fertilizers (conventional and controlled release fertilizer) and five soil conditioners (coffee husks, agricultural gypsum, water-retaining polymer, organic compound and control). All treatments were reapplied annually. The use of organic materials as soil conditioners associated with the use of controlled release fertilizers are capable of improving the chemical qualities of the soil, providing greater fertility construction both in incorporated and deeper ones.

**Keywords:** *Coffea arabica*. Soil fertility. water rationalization.

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1. Descrição dos tratamentos experimentais .....	16
---	----

## **Lista de Figuras**

FIGURA 1 – Análise dos componentes principais de diferentes da fertilidade do solo com manejos com diferentes fertilizantes, tipos de cobertura e condicionadores. Lavras - MG 2023.....	19
FIGURA 2 – Análise dos componentes principais de diferentes da fertilidade do solo com manejos com diferentes fertilizantes, tipos de cobertura e condicionadores. Lavras - MG 2023.....	20
FIGURA 3 – Análise dos componentes principais de diferentes da fertilidade do solo com manejos com diferentes fertilizantes, tipos de cobertura e condicionadores. Lavras - MG 2023.....	22
FIGURA 4 – Análise dos componentes principais de diferentes da fertilidade do solo com manejos com diferentes fertilizantes, tipos de cobertura e condicionadores. Lavras - MG 2023.....	23

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

FP.....	Filme de Poletileno
CB.....	Capim Braquiária
VE.....	Vegetação Espontânea
C.....	Convencional
LC.....	Liberação Controlada
CC.....	Casca de Café
GA.....	Gesso Agrícola
Ph.....	Polímero hidrorretentor
CO.....	Composto Orgânico
T.....	Testemunha

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	10
2.1. A cultura do café .....	10
2.2. Manejo da cobertura do solo .....	11
2.3. Condicionadores de solo .....	12
2.4. Fertilizantes .....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	19
5. CONCLUSÃO .....	25
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	26

# 1. INTRODUÇÃO

A produção de café tem grande importância no desenvolvimento socioeconômico nacional, sendo o Brasil o maior produtor e exportador de café com produção de 54,95 milhões de sacas de café beneficiado. A previsão inicial sinaliza uma produção 7,9% superior à colhida em 2022, que fechou em 50,9 milhões de sacas. (CONAB, 2023).

Para o café arábica, as estimativas iniciais da Conab apontam para uma retomada de produção em Minas Gerais, principal estado cafeeiro do país, o que impacta positivamente sobre a perspectiva nacional, mesmo com os efeitos da bialidade negativa sobre muitas das regiões produtoras. (CONAB, 2023).

A falta de água impacta diretamente a produtividade e a qualidade do cafeeiro, sobretudo durante a expansão e granação dos frutos (Oberthür et al., 2011; Ahmed et al., 2021). Apesar da irrigação atenuar tais efeitos, nem sempre ela está disponível ou dispõe de água em quantidade e qualidade suficientes para suprimir os requisitos do uso agrícola. Logo, estratégias para reduzir a vulnerabilidade dos agroecossistemas às mudanças climáticas se fazem cada vez mais necessárias (DaMatta & Ramalho, 2006; Camargo, 2010; Jawo et al., 2022).

A utilização de plantas para cobertura do solo, ou mesmo filmes de polietileno são opções de manutenção da umidade no solo. As plantas de cobertura podem auxiliar na manutenção da qualidade física do solo, além de possibilitar melhoria da fertilidade (Silva et al., 2021), enquanto que filmes de polietileno vêm sendo empregados por diversas vantagens tais como retenção de umidade no solo, diminuição da compactação, redução de perdas de nutrientes decorrentes de lixiviação e volatilização, inibição da ocorrência de plantas daninhas e aumento da qualidade das folhas e dos frutos (Nascimento et al., 2020).

Além disso, a utilização de condicionadores, fertilizantes de liberação controlada entre outros também são alternativas ao produtor para uma cafeicultura mais sustentável (Azevedo et al., 2002). Sendo assim, é importante dispor de tecnologias que otimizem o uso dos nutrientes e reduzam os impactos ambientais, como no caso dos fertilizantes de eficiência aumentada, que disponibilizam os nutrientes gradualmente, evitando perdas por volatilização e lixiviação (Chagas et al., 2019).

Estudos que visem conciliar diferentes métodos de produção e manejo de plantas podem contribuir para atenuar os problemas causados em decorrência do déficit hídrico em áreas de cultivo de café do mundo. Portanto, o objetivo deste trabalho foi determinar o efeito de diferentes associações de técnicas agronômicas para otimização da água no café.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. A cultura do café**

O café é uma cultura perene, originada na Etiópia, que pertence à família Rubiaceae e apresenta bienalidade de produção. Começou a ser utilizado pelo homem por volta do século XV (Romero; Romero, 1997) e desde então, é cultivado em diversos países do mundo (Guimarães; Mendes; Souza, 2002). O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café da espécie Arábica (*Coffea arabica* L.), conhecido por produzir grãos de excelente qualidade, aroma intenso, sabor agradável, suave e profundo.

O cafeeiro é uma das culturas mais importantes devido, principalmente, ao número de pessoas em países que dependem dela para seus sustentos diários (Harelimana et al., 2022) e por ser consumida por aproximadamente um terço da população mundial (DaMatta et al., 2018), passando dos 160 milhões de sacas de 60 kg por ano, com um crescimento anual de 2,5% (ICO, 2022).

O cultivo do cafeeiro cresceu para diversas regiões do país, contribuindo para que o Brasil alcançasse posição de grande destaque se tornando o maior produtor e exportador mundial de café. A cafeicultura brasileira está distribuída principalmente nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Paraná, Rondônia e Goiás. A expectativa de produção para safra de 2023 é de 54,95 milhões de sacas, sendo que 37,44 milhões são de café arábica e 17,51 milhões de café conilon (CONAB, 2023).

O cafeeiro sofre influência de diversos fatores ambientais. Dentre eles, um dos mais limitantes é a água, uma vez que sua falta impacta diretamente a produtividade da planta além de afetar também seu crescimento e desenvolvimento (Barbosa, 2018). Nos últimos anos tem sido cada vez mais comum a ocorrência de períodos de escassez de água, como veranicos e distribuição irregular de chuvas durante o ano. Assim, técnicas agrícolas que proporcione menor impacto ao meio e diminuam o uso dos recursos necessários à planta são cada vez mais pesquisadas e utilizadas.

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

## **2.2. Manejo da cobertura do solo**

A cobertura de solo contribui com as condições de manejo do solo, auxiliando o controle de plantas daninhas, melhorando as características de umidade deste solo. Além disso, estas coberturas podem servir como proteção contra os impactos de gotas de chuva, proporcionando ao solo menor desagregação e erosão (Santos; Reis, 2001). Vale ressaltar que há um incremento na taxa de infiltração e também na capacidade de retenção de água no solo intensificando a atividade biológica (Carneiro et al., 2004; Ricci et al., 2005).

A implantação desse manejo preserva a biodiversidade (Altieri, 2003), envolvendo diversas possibilidades que tem como objetivo, plantar de uma ou mais plantas no ambiente, bem como a manutenção de plantas de coberturas (Silva, 2012, Alecrim, 2019).

A utilização de resíduos vegetais no solo proporciona estabilidade e diversidade em diversos sistemas produtivos (Ulber, 2010), servindo como abrigo para alguns tipos de pragas e inimigos naturais, atraídos pela disponibilidade e oferta de recursos (Altieri, 2003).

A utilização de filmes plásticos para cobrir os solos, tem sido cada vez mais adotada, por dificultar as perdas de água por evaporação, chegando a economizar de 5 a 30% na quantidade de água requerida pelas plantas (Allen et al., 1998). Dentre os usos do filme plástico é importante ressaltar a importância deste contra insetos pragas também. Furiatti et al., (2008) comparando o filme plástico e inseticidas no controle de *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) na cultura da batata, verificaram que o uso do filme plástico minimizou o índice de infestação em relação a campo aberto.

Castanheira (2018), Voltolini (2019), Silva (2019) e Resende (2019), verificaram que a utilização de coberturas de solo, sejam elas sintéticas ou vegetais, há uma variação no teor de água no solo, também no vigor vegetativo e crescimento das plantas, atrelado na produtividade, qualidade e incidência de doenças na cultura cafeeira.

### **2.3. Condicionadores de solo**

#### **Casca de café**

A casca de café é um material mucilaginoso fibroso resultante do beneficiamento úmido e seco dos frutos do café e pode ser utilizada como fertilizante, ração animal e composto, pois constitui uma solução sustentável para o descarte deste subproduto que gera sérios problemas ambientais (Kasongo et al., 2011; Murthy & Madhava Naidu, 2012). Diante disso, pesquisadores têm demonstrado que a casca de café, rica em resíduos agrícolas orgânicos, é um bom material para processos de compostagem, aumentando a disponibilidade de N, P, Ca, Mg totais e principalmente K (Dzung et al., 2013; Sekhar et al., 2014). Além disso, protege o solo, elimina ervas daninhas e aumenta a matéria orgânica (Santos et al., 2001). Porém, segundo (Cervera-Mata et al., 2018), o uso direto da casca de café como fertilizante pode impedir o crescimento de certas plantas devido à presença de compostos fenólicos.

Outra forma baseada na agroecologia é a compostagem, método de obtenção de fertilizantes orgânicos por meio de materiais com alta relação carbono/nitrogênio (Araújo e Prezotti, 2013). O uso de tecnologias que podem produzir a partir de materiais de baixo custo e estando disponíveis, como matéria orgânica residual (Batjiaka e Brown, 2020), é uma alternativa para reduzir os custos de produção e aumentar a fertilidade do solo e a matéria orgânica (Ladha et al., 2011).

#### **Gessagem**

Devido à sua baixa solubilidade e permeabilidade do calcário, principalmente em sistemas de plantio direto (Ritchey et al., 1980), o gesso é recomendado como condicionador de solo, pois sua solubilidade ( $2,5 \text{ g L}^{-1}$ ) é em média 170 vezes maior que o calcário (Crusciol et al., 2016). Além disso, segundo Pauletti et al. (2014), o gesso agrícola é capaz de reduzir a saturação de alumínio e aumentar os teores de cálcio e enxofre no perfil do solo e, uma vez assimilado, pode conferir às plantas resistência à escassez de água (Vitti et al., 2018). Portanto, esses efeitos podem favorecer o crescimento das raízes nas camadas mais profundas do solo, melhorando a eficiência do uso de água e nutrientes (Sousa et al., 2007).

### **2.3 Planta de cobertura**

O uso de plantas de cobertura, especialmente em sistemas de plantio de café orgânico, apresenta vários benefícios em relação à manutenção da fertilidade do solo e redução da infestação de espécies invasoras (Chaves & Calegari 2001). Ao mesmo tempo, a diversificação da lavoura de café com adubos verdes pode aumentar a biodiversidade na área, contribuindo para a sustentabilidade do sistema, devido ao incremento das populações de inimigos naturais e a redução na proliferação de pragas e doenças (Gliessman 2001).

A ocorrência de inimigos naturais em policultivos geralmente é maior devido à diversidade de microhabitat que servem de refúgios; de alimentos, como néctar e pólen; e de presas e hospedeiros alternativos. Essa diversificação de habitats pode ocorrer com o uso do policultivo, de plantas de cobertura, quebra-ventos e rotação de culturas, bem como por práticas de manejo ecológico do solo como adubação verde, orgânica e compostagem (Altieri et al. 2003).

O cultivo de plantas de cobertura favorece a densidade e diversidade de microrganismos edáficos, principalmente solubilizadores de P, melhora a estrutura do solo (Carvalho et al., 2004), proporciona a ciclagem de nutrientes e quando são leguminosas, também promove a fixação biológica do nitrogênio atmosférico (Oliveira et al., 2002). Dessa forma, tal prática contribui positivamente para o balanço de N e P e aumento do estoque de C e N no solo (Bayer et al., 2000) e, conseqüentemente, pode proporcionar aumento na produção das culturas (Kaizzi et al., 2006).

A alta produção de fitomassa, principalmente do sistema radicular das diferentes espécies de culturas descompactadoras, geram benefícios em solos compactados, como melhora da qualidade física (Queiroz et al. 2011). Além da melhora da parte física, elas apresentam características intrínsecas que resultam na exploração de camadas distintas de solo, no favorecimento de grupos de biotas do solo e na ciclagem de nutrientes (Pereira et al. 2013).

As plantas de cobertura também possuem mecanismos de supressão de plantas daninhas sejam por seus efeitos alelopáticos com algumas espécies, que podem ter benefícios supressivos sobre algumas plantas daninhas sejam por competição com as plantas daninhas por água, luz e nutrientes (Borges et al. 2014).

Para redução de plantas daninhas, o uso de culturas de cobertura de diferentes espécies é uma prática que visa diminuir a dependência dos herbicidas (San et al. 2019),

sendo uma importante ferramenta que podem reduzir ainda mais o crescimento e capacidade reprodutiva de plantas daninhas (Khan et al. 2019).

#### **2.4. Fertilizante**

O nitrogênio é o nutriente mais exigido pelas culturas, e a disponibilidade de absorção de nitrogênio pelas plantas é obtida por meio da mineralização da matéria orgânica do solo e da fertilização nitrogenada (OTTO et al., 2021). No entanto, o nitrogênio interage com as condições climáticas do solo de diferentes maneiras e é perdido por lixiviação, desnitrificação e volatilização (FREITAS, 2017), o que reduz a eficiência da fertilização e a utilização de nutrientes pelas plantas. Relacionado a isso, as fontes de nutrientes também influenciam fortemente a fertilização.

Tomemos, por exemplo, a ureia, um fertilizante muito utilizado em algumas regiões produtoras de café, mas que apresenta perdas significativas por volatilização quando aplicado abaixo da superfície do solo (OTTO et al., 2021). Nesse sentido, o mercado oferece novas opções de fertilizantes que muitas vezes variam quanto à solubilidade, forma e composição (DE GONÇALVES MORAIS et al., 2003).

Existem fertilizantes que potencializam a eficiência dos nutrientes em relação aos fertilizantes convencionais, denominados de eficiência aumentada. Dentre eles, encontra-se o fertilizante de liberação controlada, que são fabricados a partir do recobrimento de grânulos de fertilizantes convencionais com compostos, como o enxofre elementar, polímeros, poliésteres, ácidos graxos, látex, resinas a base de petróleo, cera e outros (TIMILSENA et al., 2014).

Assim, esses compostos formam barreiras físicas e controlam a liberação do nutriente de acordo com a temperatura, umidade e do contato com a água. Estas características dos fertilizantes de liberação controlada, como taxa de liberação pré-estabelecida, possibilitam maior conciliação da liberação do nutriente com a demanda da cultura e, conseqüentemente, maior aproveitamento da adubação pelas plantas e redução de perdas (GUELFY, 2017).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, sul de Minas Gerais. A área experimental está a 910 metros de altitude, e o município está em latitude 21° 14' 06'' sul e longitude 45° 00' 00'' oeste. O clima característico possui inverno seco e verão chuvoso. A precipitação anual média é de 1237 mm. A temperatura média anual é de 20,4°C. A evapotranspiração potencial (ETP) e a evapotranspiração real (ETR) variam de 899 a 956 mm e de 869 a 873 mm, respectivamente (Dantas; Carvalho; Ferreira, 2007).

Os cafeeiros foram implantados no dia 21 de janeiro de 2016, sendo da cultivar “Mundo Novo IAC 379-19” com espaçamento de 3,6 metros na entrelinha e 0,75 metros entre plantas.

Os fatores em estudo foram dispostos em esquema fatorial 3x2x5, totalizando 30 tratamentos na área experimental em parcelas subdivididas. O delineamento experimental utilizado foi o em blocos ao acaso com três repetições. Nas parcelas, foram casualizados três manejos do solo (filme de polietileno, capim braquiária e vegetação espontânea). Nas subparcelas foram adicionados os dois tipos de fertilizantes (convencional e de liberação controlada). E nas outras subparcelas foram distribuídos os quatro condicionadores de solo (casca de café, gesso agrícola, polímero hidrorretentor, composto orgânico) e a testemunha. Cada unidade experimental foi composta por seis plantas, sendo consideradas plantas úteis as quatro plantas centrais. Já entre as linhas de tratamento, utilizou-se uma linha de bordadura, de forma a evitar interferência entre tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição dos tratamentos experimentais

Tratamento	Manejo	Fertilizante	Condicionador de solo
T1	Filme de Polietileno	Convencional	Casca de café
T2			Gesso agrícola
T3			Polímero hidrorretentor
T4			Composto orgânico
T5			Testemunha
T6	Capim Braquiária	Liberação controlada	Casca de café
T7			Gesso agrícola
T8			Polímero hidrorretentor
T9			Composto orgânico
T10			Testemunha
T11	Vegetação espontânea	Convencional	Casca de café
T12			Gesso agrícola
T13			Polímero hidrorretentor
T14			Composto orgânico
T15			Testemunha
T16	Vegetação espontânea	Liberação controlada	Casca de café
T17			Gesso agrícola
T18			Polímero hidrorretentor
T19			Composto orgânico
T20			Testemunha
T21	Vegetação espontânea	Convencional	Casca de café
T22			Gesso agrícola
T23			Polímero hidrorretentor
T24			Composto orgânico
T25			Testemunha
T26	Vegetação espontânea	Liberação controlada	Casca de café
T27			Gesso agrícola
T28			Polímero hidrorretentor
T29			Composto orgânico
T30			Testemunha

Fonte: Do autor, 2023.

Nos tratamentos com solo exposto, o manejo utilizado para controle de plantas daninhas foi feito com roçadas nas entrelinhas, capinas e também com aplicação de herbicida pré-emergente na linha e pós-emergência, mantendo sempre limpa. Para o tratamento com cobertura do solo por meio da utilização de capim braquiária (*Urochloa decumbens*) o manejo foi com roçadora tratorizada e os cortes foram feitos antes que a mesma florescesse. A biomassa produzida pelo capim braquiária roçado foi voltado para

a linha de plantio sob a copa do cafeeiro. Na linha de plantio, o manejo do mato foi realizado com capina e herbicidas pré-emergentes, respeitando os intervalos de controle de acordo com o crescimento das plantas daninhas. No filme de polietileno, o mesmo foi disposto ao longo da linha de plantio, com 1,60 metros de largura.

Para os fertilizantes, o fertilizante convencional, foi utilizado o formulado NPK 20-00-20, e quando necessário utilizou-se o complemento de ureia convencional (45% N), sendo que as adubações foram divididas em 3 parcelamentos, com intervalos de 40 dias, e início no final de outubro. Para os fertilizantes de eficiência aumentada, foi utilizado o insumo Polyblen montanha, 39-00-00, em única aplicação no início do período chuvoso, no final de outubro. Em ambos tipos de fertilizantes, a quantidade a ser utilizada foi calculada em função da interpretação da análise de solo, e adequação aos valores segundo recomendação específica para o estado de Minas Gerais (GUIMARÃES, et al. 1999).

Para os condicionadores, o polímero hidrorretentor foi colocado nas covas de plantio no momento da implantação. Para a realização dessa atividade, foi misturado em água uma proporção de 1,5 kg de polímero para 400 litros de água, permanecendo em repouso por 30 minutos visando a completa hidratação. Já a aplicação na cova de plantio, foi feita utilizando 1,5 litros da solução por cova. Após a colocação na cova, foi feita a mistura da solução com o solo onde as mudas seriam posteriormente plantas, conforme proposto por Pieve et al., (2013). Para o gesso agrícola, o mesmo foi aplicado em cobertura após o plantio, conforme recomendação de Guimarães et al. (1999). A dose aplicada foi de 300g/m<sup>2</sup>, sendo colocada metade da dose em cada lado da linha de plantio.

A utilização do composto orgânico e da casca de café, seguiu-se as recomendações de Guimaraes et al., (1999) utilizando 10 litros por planta, aplicados em cobertura do solo, próximo a projeção da saia do cafeeiro. Foi implantado uma testemunha, que não recebeu a aplicação de nenhum condicionador. Ressalta-se que, em todos os anos, há a reaplicação de todos os condicionadores nas respectivas parcelas preestabelecidas, assim como a realização das adubações conforme demanda das plantas e da disponibilidade no solo.

Os dados obtidos da amostragem de solo, de 0 - 20 cm e 20 – 40 cm do ano de 2022, foram submetidos a análises dos componentes principais (PCA). As interpretações dos resultados de macronutrientes fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), e enxofre (S) e micronutrientes , boro (B) ,cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Z), manganês (Mn), cobalto (Co), molibdênio (Mo), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), hidrogênio (H) alumínio (Al) matéria orgânica do solo (MO), potencial

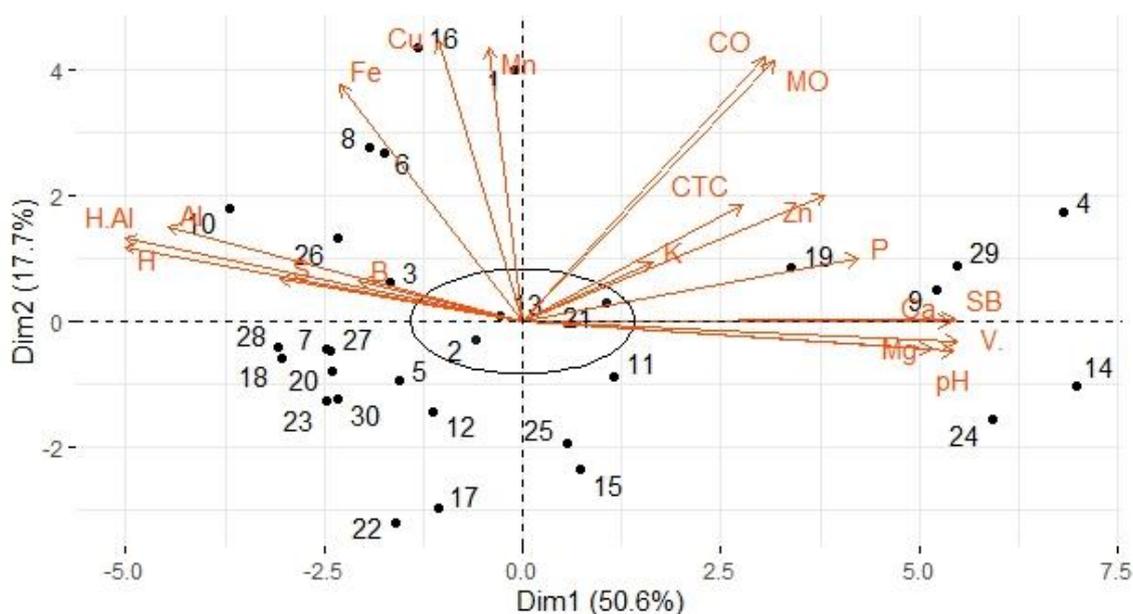
hidrogeniônico (PH) acidez potencial (H+Al), e percentagem por saturação de bases (V) foram realizadas conforme os fatores em estudo se correlacionavam. Esses procedimentos estatísticos e a análise multivariada dos dados foram realizados por meio do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas análises estatísticas dos componentes principais realizadas nos diferentes manejos de solo, é possível observar a discriminação dos tratamentos quanto às características de solo nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. Ainda sim de acordo com a análise de componentes principais, foi possível agrupar os tratamentos em grupos circulados de acordo com a paridade entre eles, essa análise foi realizada para as características do solo na camada de 0 a 20 cm e na camada de 20 a 40 cm.

Na camada de 0 a 20 cm, os dois primeiros componentes principais explicaram 68,3% da variabilidade total dos dados (FIGURA 1). O primeiro vetor (componente principal um – Dim1) explicou 50,6% da variabilidade total. O segundo vetor (componente principal dois – Dim2) explicou 17,7% da variabilidade total dos dados.

FIGURA 1 – Análise dos componentes principais de diferentes da fertilidade do solo com manejos com diferentes fertilizantes, tipos de cobertura e condicionadores. Lavras - MG 2023.



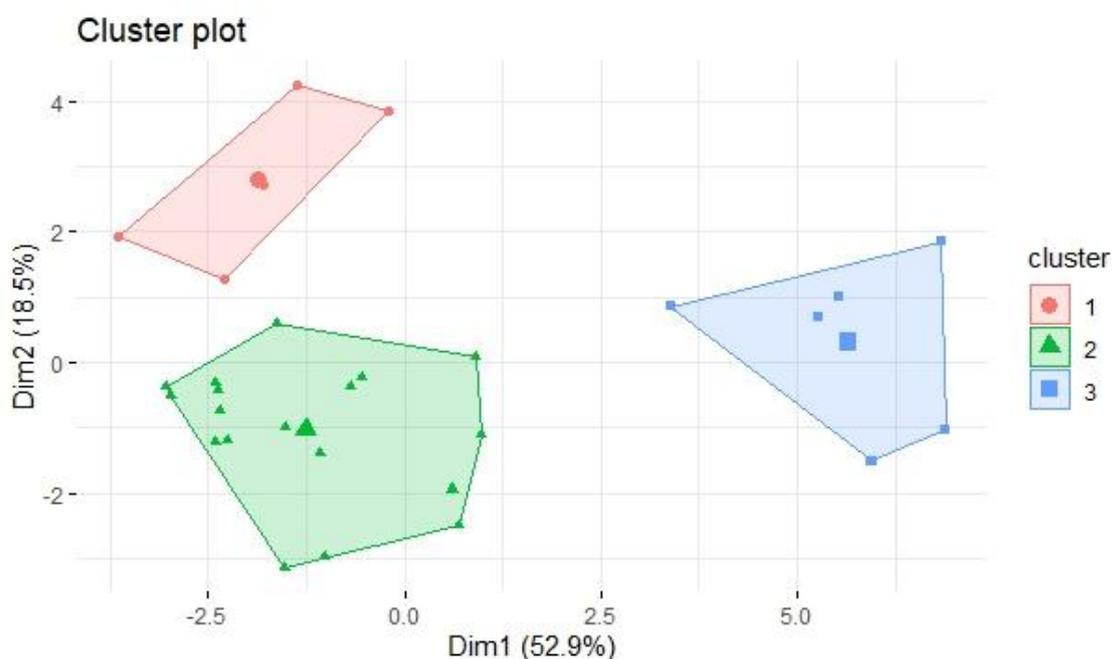
Fonte: Do autor (2023).

A diferença entre os tratamentos foi observada pelo gráfico dos componentes principais, nos tratamentos 4 (FP. C. CO) 9 (FP. LC. CO), 14 (CB. C. CO), 24 (VE. C. CO), e 29 (VE. LC. CO) que possuem composto orgânico como condicionador de solo, apresentaram maior proximidade com as variáveis Mg, Ca, SB, V e pH e foram

inversamente proporcionais às variáveis H, Al e H+Al. Os tratamentos 9 (FP. LC. CO), 19 (CB. LB. CO) e 29 (VE. LC. CO) que também possuem composto orgânico como condicionador de solo, apresentarem maior proximidade com a variável P. Os tratamentos 1 (FP. C. CC), 6 (FP. LC. CC), 8 (FP. LC. Ph) e 16 (CB. LC. CC) apresentaram maior proximidade com as variáveis de micronutrientes Fe, Cu e Mn.

De acordo com a Figura 2, foi possível observar o agrupamento dos tratamentos em três grupos diferentes, para as características de solo na camada de 0 a 20 cm, sendo que os dois primeiros componentes principais explicaram 71,4% da variabilidade total dos dados (FIGURA 2). O primeiro vetor (componente principal um – Dim1) explicou 52,9% da variabilidade total. O segundo vetor (componente principal dois – Dim2) explicou 18,5% da variabilidade total dos dados.

FIGURA 2 – Análise dos componentes principais de diferentes da fertilidade do solo com manejos com diferentes fertilizantes, tipos de cobertura e condicionadores. Lavras - MG 2023.



Fonte: Do autor (2023).

Dos grupamentos formados, foi possível observar a paridade entre os tratamentos 1 (FP. C. CC), 6 (FP. LC. CC), 8 (FP. LC Ph), 16 (CB. LC. CC) e 26 (VE. LC. CC) no cluster 1, sendo esses os mais representativos desse grupo. No cluster 2, a maior

semelhança foi observada nos seguintes tratamentos representativos, 5 (FP. C. T), 12 (CB. C. GA) , 20 (CB. LC. T) , 27 (VE. LC. GA) e 30 (VE. LC. T) . Já no terceiro cluster, os tratamentos que foram mais semelhantes são, 4 (FP C. CO) , 9 (FP. LC. CO), 14 (CB. C. CO) , 19 (CB. LC. CO) e 29 (VE. LC. CO).

De um modo geral, pode-se dizer que na camada de 0 a 20 cm o uso do composto orgânico influenciou de maneira significativa, visto que, aumento o fornecimento de Ca, Mg, P e nas variáveis SB e V%, esse resultado positivo também foi observado no pH do solo e de forma contrária, foi observado a redução nos teores de Al tóxico para as plantas.

Segundo Alves, Melo e Ferreira (1999), que também obtiveram aumento de Ca e Mg em função da aplicação de compostos orgânicos, esses resultados ocorrem devido ao processo de mineralização da matéria orgânica aportada. Os incrementos nos valores de soma de bases (SB) e saturação por bases do solo (V%) ocorrem pelo fato desses parâmetros estarem diretamente relacionados aos teores de Ca, Mg e K no solo, conseqüentemente o aumento desses nutrientes levam a um aumento nessas variáveis (VOLTOLINI, 2019). Os resultados de Cardoso et al. (2011) contribuíram com esse trabalho, visto que os mesmos observaram o aumento na saturação de bases do solo com o aumento das doses de composto orgânico.

A adição do composto orgânico aumentou os valores de pH para próximo de 6 (FP. LC. CC), e também houve a redução dos teores Al, H e H + Al. Normalmente esse efeito é devido à ligação dos íons  $H^+$  com moléculas orgânicas e a complexação do Al e o aumento da CTC do solo por bases (PAVINATO, ROSOLEM, 2008). Os resultados reforçam com o trabalho de Silva et al. (2013), que também observaram a redução do Al e H+Al e o aumento no pH em função do uso de compostos orgânicos na adubação de café conilon.

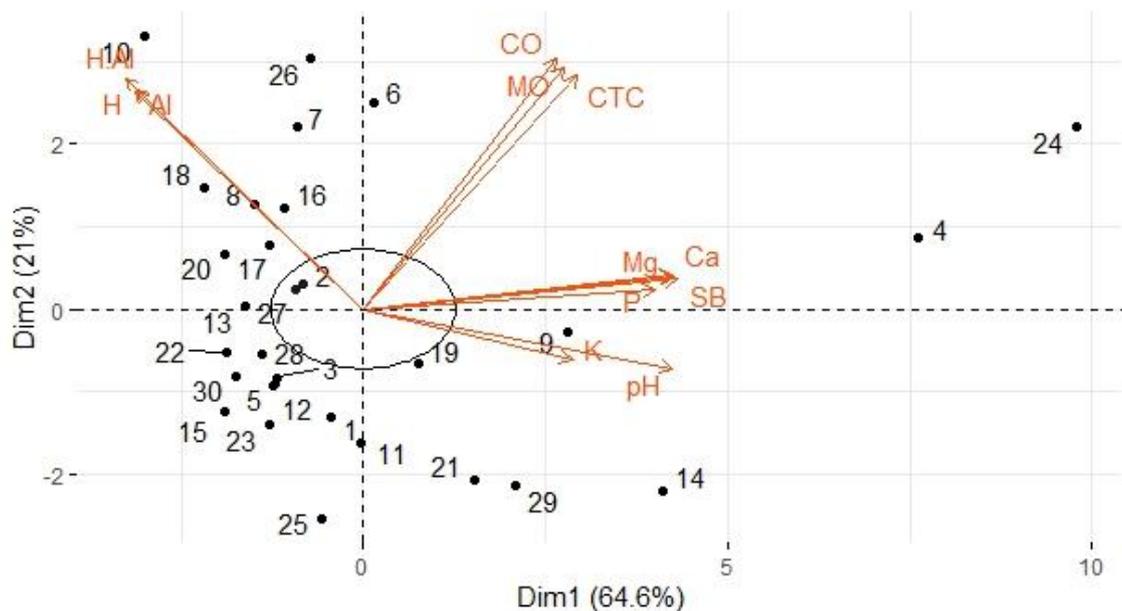
O aumento de P no solo ocorre possivelmente pela composição do composto utilizado; ainda sim de acordo com Costa (2000), em condições onde tem grande quantidade de matéria orgânica, há uma otimização da adubação fosfatada deixando esse nutriente menos predisposto à fixação no solo. Os fatos contribuem com o esse trabalho, de certa forma que a matéria orgânica vem sendo aportada desde 2016, totalizando já seis anos de contribuição.

A proximidade do tratamento com relação aos micronutrientes possivelmente relaciona-se a aplicação de fertilizantes de liberação controlada, uma vez que os

tratamentos que tiveram essa paridade foram adubados com esses fertilizantes. Normalmente esses fertilizantes possuem micronutrientes em sua composição. Além disso, esses fertilizantes são caracterizados por revestimento com polímeros e/ enxofre elementar, em que a espessura controla o padrão e velocidade da liberação de nutrientes (SHAVIV, 2005; TRENKEL, 2010). O trabalho vai de acordo com essas informações, uma vez que os fertilizantes de liberação controlada vêm sendo utilizados a seis anos, e por isso tem esse controle, fazendo com que o teor de micronutrientes como Fe, Cu e Mn seja maior nesses tratamentos.

Para as características de solo na camada de 20 a 40 cm, os dois primeiros componentes principais explicaram 85,6% da variabilidade total dos dados (FIGURA 3). O primeiro vetor (componente principal um – Dim1) explicou 64,6% da variabilidade total. O segundo vetor (componente principal dois – Dim2) explicou 21% da variabilidade total dos dados.

FIGURA 3 – Análise dos componentes principais de diferentes da fertilidade do solo com manejos com diferentes fertilizantes, tipos de cobertura e condicionadores relacionados ao diâmetro do caule. Lavras - MG 2023.



Fonte: Do autor (2023).

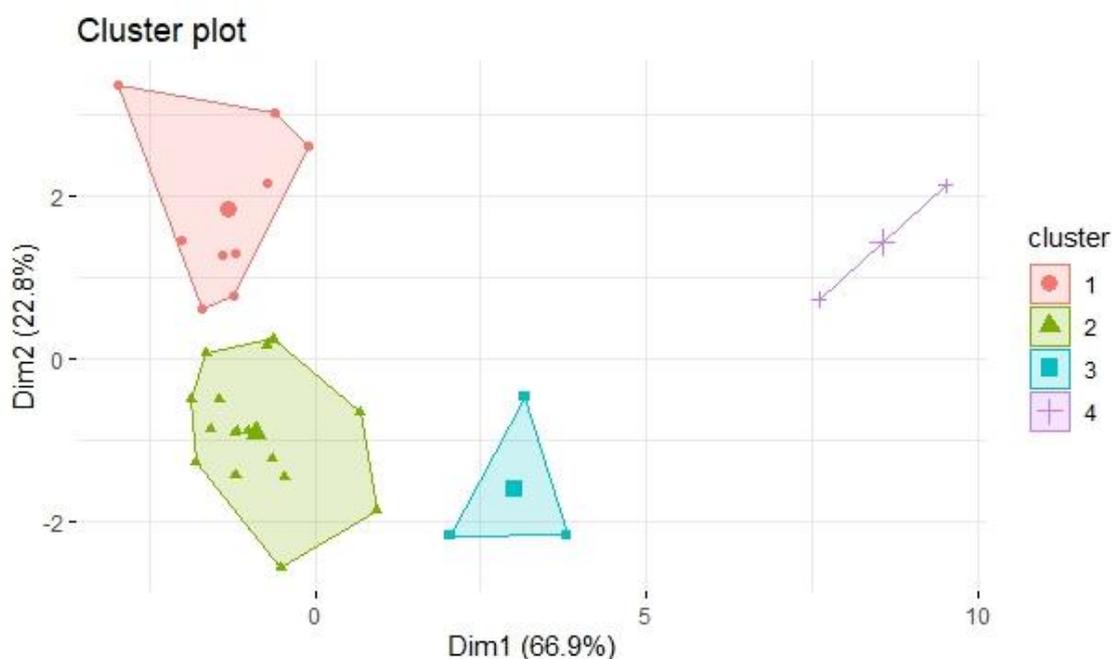
A diferença entre os tratamentos foi observada pela dispersão gráfica dos componentes principais, no tratamento 9 (FP. LC. CO), apresenta maior proximidade com as variáveis Mg, Ca, P, K, SB e pH, o tratamento 6 (FP. LC. CO) possui maior

proximidade com CO, MO e CTC. O tratamento 10 (FP. LC. T) se diferenciou por apresentar maior proximidade das variáveis H, Al e H+Al e distanciamento do pH.

Outra diferença observada foram os tratamentos 22 (VE. C. GA), 23 (VE. C. Ph), 25 (VE. C. T), 27 (VE. LC. GA), 28 (VE. LC. Ph) e 30 (VE. LC. T) que possuem manejo de solo convencional, sem cobertura do solo, somente com vegetação espontânea apresentarem comportamento inversamente proporcional a variável MO.

Para as características de solo na camada de 20 a 40 cm, foi observado o agrupamento em quatro grupos de similaridade, sendo que os dois primeiros componentes principais explicaram 89,7% da variabilidade total dos dados (FIGURA 4). O primeiro vetor (componente principal um – Dim1) explicou 66,9% da variabilidade total. O segundo vetor (componente principal dois – Dim2) explicou 22,8% da variabilidade total dos dados.

FIGURA 4 – Análise dos componentes principais de diferentes da fertilidade do solo com manejos com diferentes fertilizantes, tipos de cobertura e condicionadores. Lavras - MG 2023.



Fonte: Do autor (2023).

Dos agrupamentos formados para essa camada de solo foram observados maior semelhança entre os tratamentos 8 (FP. LC. Ph), 16 (CB. LC. CC), 17 (CB. LC. GA), 18 (C. LC. Ph) e 20 (CB. LC. T) no cluster 1, sendo esses os mais representativos desse grupo. No cluster 2, a maior semelhança foi observada nos seguintes tratamentos

representativos, 1 (FP. C. CC), 3 (FP. C. Ph), 5 (Fp. C. T), 12 (CB. C. GA) e 23 (VE. C. Ph). Já no terceiro cluster, os tratamentos representativos que foram mais semelhantes são, 9 (FP. LC. CO), 14 (CB. C. CO) e 29 (VE. LC. CO). E no 4º cluster, a semelhança maior se deu nos tratamentos representativos 4 (FP. C. CO) e 24 (VE. C. CO).

Na camada de 20 a 40 cm também houve influência dos resíduos orgânicos no aporte de nutrientes e melhoria das características de solo, sendo os tratamentos 9 (FP. LC. CO) e 6 (FP. LC. CC) que apresentaram maior proximidade com essas características. O tratamento 10 (FP. LC. T), que não teve aplicação de material orgânico na superfície do solo, apresentou maior proximidade com o Al.

O aumento de MO no solo é um fator determinante para a fertilidade do mesmo, executando uma função de extrema importância que é o fornecimento de sítios de ligação para nutrientes presentes no solo, contribuindo para o aumento da CTC e melhor eficiência na utilização dos nutrientes (COSTA & SANGAKKARA, 2006). O aumento do teor de MO pode ser alcançado através do aumento das entradas de material orgânico no solo (COSTA, SILVA, RIBEIRO, 2013), esse fato contribui com o trabalho, uma vez que a aplicação do material orgânico vem sendo aplicado anualmente, e nos tratamentos com esse aporte apresentaram maior proximidade com as variáveis MO e das características de solo.

À medida que o material orgânico se decompõe, ocorre a liberação de compostos orgânicos de baixa e alta massa molecular, que influenciam na disponibilidade dos nutrientes no solo. A influência relaciona-se com a complexação ou adsorção de íons competidores, inibindo a ação de grupos funcionais do solo, o que deixa os nutrientes mais livres em solução (PAVINATO & ROSOLEM, 2008). Isso explica a maior proximidade dos tratamentos 6 (FP. LC. CC) e 9 (FP. LC. CO) com os nutrientes no solo.

De acordo com Amaral, Anghinoni, Deschamps (2004), quando se mantem resíduos vegetais na área, há uma produção contínua de ácidos orgânicos que formam complexos e reduz a ação do alumínio, e conseqüentemente aumenta a mobilidade do Ca e Mg. Com relação ao P, a MO interage com óxidos de Al e Fe e resulta em sítios de fixação, por isso ocorre menor fixação de P, e maior aproveitamento desse nutriente pelas plantas (RAMOS et al., 2010)

Tais evidências relatadas explicam os resultados encontrados no trabalho. Inclusive o fato de os tratamentos com cobertura de solo convencional, em que a deposição de material orgânico no solo é pouca, apresentarem comportamento inversamente proporcional às características de MO, CO e CTC.

## **5. CONCLUSÃO**

Por fim, o uso de materiais orgânicos como condicionadores de solo associados ao uso de fertilizantes de liberação controlada são capazes de melhorar as qualidades químicas do solo, proporcionando uma maior determinação da fertilidade tanto nas camadas superficiais quanto as mais profundas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALECRIM, A. de O. Plantas de cobertura na lavoura cafeeira em formação. 2019. 125 p. **Tese** (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.
- ALLEN RG; PEREIRA LS; RAES D; SMITH M. 1998. **Evapotranspiração de culturas: diretrizes para o cálculo das necessidades de água das culturas**. Roma: FAO. 328p. (Irrigation and Drainage Paper , 56).
- ALTIERI, M. A; SILVA, N. E; NICHOLLS, C. I. **O papel da biodiversidade no manejo de pragas**. Ribeirão Preto: Holos, p. 226, 2003.
- ALVES, W. L.; MELO, W. J.; FERREIRA, M. E. **Efeito do composto de lixo urbano em um solo arenoso e em plantas de sorgo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 23, p. 729-736, 1999.
- AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I.; DESCHAMPS, F.C. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.115-123, 2004.
- AZEVEDO, T. L. F. et al. Níveis de polímero superabsorvente, frequências de irrigação e crescimento de mudas de café. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1239-1243, 2002.
- BADOCHA, T. E.; COSTA, R. S. C.; LEONIDAS, F. C. Casca de Café: um importante insumo para a agricultura orgânica. **In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, 3., 2003, Porto Seguro-BA. Anais do III Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Porto Seguro, 2003.
- CANCELLIER, E. Eficiência da ureia estabilizada e de liberação controlada no milho cultivado em solo de fertilidade construída. 2013. 75 p. **Dissertação** (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- CARDOSO, A. I. I. et al. Alterações em propriedades do solo adubado com composto orgânico e efeito na qualidade das sementes de alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, p. 594-599, 2011.
- CARNEIRO, R. G.; MENDES, I. C.; LOVATO, P. E.; CARVALHO, A. M.; VIVALDI, L. J. Indicadores biológicos associados ao ciclo de fósforo em solos de Cerrado sob

plantio direto e plantio convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 7, p. 661-669, 2004.

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

Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, 2019. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2>> Acesso em: outubro de 2019.

COSTA, A. **Doses e modos de aplicação de calcário na implantação de sucessão sojatrigo em sistema de plantio direto**. 2000. 146 p. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

COSTA, E. M.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P., R., A. Enciclopédia biosfera, **Centro Científico Conhecer** - Goiânia, v.9, n.17; p. 2013.

COSTA, W.A.J.M.D.; SANGAKKARA, U.R. Agronomic regeneration of soil fertility in tropical Asian smallholder uplands for sustainable food production. **Journal of Agricultural Science**, v.144, p.111-133, 2006.

DA GAMA-RODRIGUES, Antonio Carlos; DA GAMA-RODRIGUES, Emanuela Forestieri; DE BRITO, Elio Cruz. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em argissolo vermelho-amarelo na região noroeste Fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2007, 31.6: 1421-1428.

DANTAS, Antonio Augusto Aguilar et al. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007.

DE ASSIS, Gleice Aparecida et al. Correlação entre crescimento e produtividade do cafeeiro em função do regime hídrico e densidade de plantio. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, 2014.

DE GONÇALVES MORAES, José Leonardo et al. Produção de mudas de espécies arbóreas nativas com combinações de adubos de liberação controlada e prontamente solúveis. **Revista Árvore**, v. 27, n. 6, p. 779-789, 2003.

FRAGA, Constantino C. Resenha histórica do café no Brasil. **Agricultura em São Paulo**, v. 10, n. 1, p. 1-21, 1963.

FURIATTI, R. S; PINTO JUNIOR, A. R; LOPES, J. A. Estudo comparativo entre agrotêxtil e inseticidas no controle da mosca minadora na batata. **Rev. Acad.Ciênc. Agar. Ambient, Curitiba**, v.6 n.1, p.89-96, 2008.

GUELFÍ, Douglas. Fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada. **Informações Agronômicas**, n. 157, p. 1-14, 2017.

GUIMARÃES, P. T. G. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ-VENEGAS, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, p. 289-302 1999.

HARRISON, R. B. et al. Reciclagem de resíduos industriais e urbanos em áreas de reflorestamento. **Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestal (IPEF)**, n. 198, 2003.

JÚNIOR, Daniel G. et al. Incidência e severidade da cercosporiose do cafeeiro em função do suprimento de potássio e cálcio em solução nutritiva. **Fitopatologia Brasileira, Brasília**, v. 28, n. 3, p. 286-291, 2003.

MARQUES, H. M. C., Romagnoli, T., JÚNIOR, E. F., PAIVA, R., & MAURI, R. (2013). desenvolvimento inicial do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), com doses de co-polímero hidroabsorvente em adubação convencional e de liberação controlada. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, 9(16), 2994.

MARQUES, P. A. A.; CRIPA, M. A. M.; MARTINEZ, E. H. Hidropolímero como substituto da irrigação complementar em viveiro telado de mudas de cafeeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 1, p. 1-7, jan. 2013.

MIYASAKA, S.; et al. Agricultura natural. 2. ed. Cuiabá: SEBRAE/MT, p. 73, 1997.

OADES, J. M.; WATERS, A. G. Aggregate hierarchy in soils. *Australian Journal Soil Research*, Collingwood, v. 29, n. 6, p. 815 – 828, 1991.

OLIVEIRA, L.P.V., et al. Planting season and hydro retainer polymer on initial growth coffee. **Coffee Science**, 10 (4), p. 507-515, 2015.

PALM, C.A.; GILLER, K.E.; MAFONGOYA, P.L. & SWIFT, M.J. Management of organic matter in the tropics: translating theory into practice. *Nutr. Cycling Agroecosy.*, 61:63-75, 2001.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, p. 911-920, 2008.

PEDROSA, A. W., et al. Brachiaria residues fertilized with nitrogen in coffee fertilization. **Coffee Science**, 9(3), 366-373. (2014).

PIEVE, L. M. et al. Uso de polímero hidro retentor na implantação de lavouras cafeeiras. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 314-323, 2013.

PREVEDELLO, C. L.; LOYOLA, J. M. T. Efeito de polímeros hidrorretentores na infiltração da água no solo. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 313-317, 2007.

QUEZADO-DUVAL, A.M.; LOPES, C. A. & JUNQUEIRA, N.T.V. Avaliação de produtos alternativos para o controle da mancha-bacteriana em tomateiro para processamento industrial. Brasília,DF: **Embrapa Hortaliças**, p. 67, 2005.

RAGASSI, Carlos Francisco; PEDROSA, Adriene Woods; FAVARIN, José Laércio. Aspectos positivos e riscos no consórcio cafeeiro e braquiária. **Visão Agrícola**, v. 8, n. 12, p. 29-32, 2013.

RAMOS, S.J.; FAQUIN, V.; RODRIGUES, C.R.; SILVA, C.A. Efeito residual das aplicações de fontes de fósforo em gramíneas forrageiras sobre o cultivo sucessivo da soja em vasos. **Bragantia**, v.69, p.149-155, 2010.

RAMOS, S.J.; FAQUIN, V.; RODRIGUES, C.R.; SILVA, C.A. Efeito residual das aplicações de fontes de fósforo em gramíneas forrageiras sobre o cultivo sucessivo da soja em vasos. **Bragantia**, v.69, p.149-155, 2010.

RESENDE, L. S. Otimização do uso da água e de nutrientes na produção e no manejo da cercosporiose do cafeeiro. 2019. 92 p. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

RICCI, M. S. F.; ALVES, B. J. R.; MIRANDA, S. C.; OLIVEIRA, F. F. Growth rate and nutritional status of an organic coffee cropping system. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 62, n. 2, p. 138-144, 2005.

ROCHA, O.C. et al. Qualidade físico-hídrica de um latossolo sob irrigação e braquiária em lavoura de café no cerrado. **Coffee Science**, v.9, p.516-526, 2014.

- SAMPAIO, E.V.S.B. 1995. Overview of the Brazilian Caatinga. Pp. 35-63. In: S.H. Bullock; H.A. Mooney & E. Medina (eds.). Seasonally dry Tropical Forest. Cambridge, New York.
- SANTOS, H. P.; REIS, E. M., **Rotação de culturas em plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, p. 212, 2001.
- SANTOS, J.C.F.; et al. Efeito de cascas de café e de arroz dispostas nas camadas do solo sobre a germinação e o crescimento inicial do caruru-de-mancha. **Planta Daninha**. V. 19, n. 2, p. 197 – 207, 2001.
- SGARBI, F. et al. Crescimento e produção de biomassa de clone de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em condições de deficiência de macronutrientes, B e Zn. **Scientia Forestalis**, v. 56, n. 1, p. 69-82, 1999.
- SHAVIV, A. **Controlled release fertilizers**. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON ENHANCED-EFFICIENCY FERTILIZERS, 2005, Frankfurt. Proceedings... Frankfurt: IFA, 2005.
- SHAVIV, A. **Controlled release fertilizers**. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON ENHANCED-EFFICIENCY FERTILIZERS, 2005, Frankfurt. Proceedings... Frankfurt: IFA, 2005.
- SILVA, A.; HARO, M.; SILVEIRA, L. Diversity of the arthropod fauna in organically grown garlic intercropped with fodder radish. *Revista Brasileira de Agroecologia*, Espírito Santo, v. 7, n. 1, p. 121-131, 2012.
- SILVA, L. C. da. Monitoramento do vigor de cafeeiros submetidos a estratégias de manejo para atenuar os efeitos da escassez hídrica. 2019. 82 p. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.
- SILVA, V. M. da et al. Atributos químicos do solo em sistemas de adubação orgânica de café conilon. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 4, p. 469-477 out./dez. 2013.
- SOUSA, DMG de; LOBATO, E.; REIN, T. A. Uso de gesso agrícola nos solos dos cerrados. **Planaltina, Embrapa-CPAC**, p. 20, 1995.
- TIMILSENA, Y. P. et al. Enhanced efficiency fertilisers: a review of formulation and nutrient release patterns. **Journal of the Science and Food Agriculture**, London, v. 95, n. 6, p. 1131-1142, Apr. 2014.

TOLEDO, S. V.; BARROS, I. **Influência da densidade de plantio e sistema de podas na produção de café.** 1999.

TRENKEL, M. **Slow and controlled release and stabilized fertilizers: an option for enhancing nutrient efficiency in agriculture.** 2nd ed. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2010. 163 p.

ULBER, L. **Weed species diversity in cropping systems: management and conservation strategies.** Dessertation (Doktorgrades) - Universität Göttingen, Göttingen, p. 89, 2010.

VOLTOLINI, G. B. Produtividade, qualidade e custo de produção de cafeeiros em função de diferentes técnicas agronômicas. 2019. 88 p. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

ZOCA, S. M. Avaliação da liberação de potássio por resíduos do benefício do café. 2012. 57 f. **Dissertação** (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. 2012.