



GUSTAVO ANTONIO RUSSO

**TÉCNICAS AGRONÔMICAS NO CRESCIMENTO DO
CAFEIEIRO APÓS A RECEPA**

**LAVRAS – MG
2023**

GUSTAVO ANTONIO RUSSO

**TÉCNICAS AGRONÔMICAS NO CRESCIMENTO DO CAFEEIRO APÓS A
RECEPA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte
das exigências do Programa de Graduação em
Agronomia, para a obtenção do título de
Bacharel.

Prof. Dr. Dalysse Toledo Castanheira
Orientador

**LAVRAS – MG
2023**

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre me apresentar o caminho e sabedoria nas tomadas de decisões.

Aos meus pais, irmãs e toda a minha família pelo apoio incondicional.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente, ao Neca e a Agronomia, pelo suporte ao ensino e pesquisa.

Ao Professora Dalysse Castanheira, pela orientação.

Aos meus Coorientadores Samuel Cunha e Ademilson Alecrim pelo suporte durante o processo do Trabalho de Conclusão de curso.

Aos meus amigos e companheiros da república Casa do Chapéu por todas as alegrias e batalhas que passamos juntos.

RESUMO

O uso da água na cafeicultura é um dos principais constituintes para que ocorra um bom desenvolvimento da planta. Diante das adversidades climáticas e com as chuvas irregulares, algumas técnicas agronômicas podem ser utilizadas para minimizar os efeitos do déficit hídrico em plantações de café sequeiro. Objetivou-se com este trabalho, avaliar o crescimento das brotações de cafeeiros em sequeiro após a recepa, submetidos as diferentes técnicas agronômicas. O experimento foi implantado na cidade de Lavras, no setor de Cafeicultura na Universidade Federal de Lavras – UFLA, foi usado a espécie *Coffea arabica*, cultivar Mundo Novo IAC 379-19, implantado em dezembro de 2016 e recepado em setembro de 2021. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso com três repetições. Os fatores em estudo foram dispostos em um esquema fatorial 3x2x5, representando um total de 30 tratamentos, alocados na área experimental em parcelas subdivididas. Nas parcelas, foram estudados três tipos de cobertura de solo (filme de polietileno, capim braquiária em manejo ecológico e vegetação espontânea), dois tipos de fertilizantes (convencional e de liberação controlada) e cinco tipos de condicionadores de solo (casca de café, gesso agrícola, polímero retentor de água, composto orgânico e testemunha). As variáveis de crescimento analisadas serão, altura, diâmetro do caule e diâmetro da copa do broto. Após as coletas de dados, foram realizadas análises estatísticas através do programa estatístico R, foi realizada a análise de variância ao nível de 5% de probabilidade, e estudo das médias por meio da sobreposição do erro padrão da média.

Palavras-chave: Água; Cafeicultura; Condicionadores de solo; Fertilizante; *Coffea arabica*;

ABSTRACT

The use of water in coffee growing is one of the main constituents for a good development of the plant. Faced with climatic adversities and irregular rainfall, some agronomic techniques can be used to minimize the effects of water deficit in dryland coffee plantations. The objective of this work will be to evaluate the growth of the sprouts of coffee trees in rainfed after reception, submitted to different agronomic techniques. The experiment was implemented in the city of Lavras, in the Coffee Culture sector at the Federal University of Lavras - UFLA, the species *Coffea arábica*, cultivar Mundo Novo IAC 379-19, implanted in December 2016 and received in September 2021 was used. The experimental design was randomized blocks with three replications. The factors under study will be arranged in a 3x2x5 factorial scheme, representing a total of 30 plots, allocated in the experimental area in sub-divided plots. In the plots, three types of soil cover will be studied (polyethylene film, palisade grass in ecological management and spontaneous vegetation), two types of fertilizers (conventional and controlled release) and five types of soil conditioners (coffee husks, gypsum agricultural, water-retaining polymer, organic compost and control). The analyzed growth variables will be height, stem diameter and shoot crown diameter. After data collection, statistical analyzes were carried out using the R statistical program, variance analysis was carried out at the 5% probability level, and the study of means was performed by superimposing the standard error of the mean.

Keywords: Water; Coffee farming; Soil conditioners, Fertilizer, *Coffea arabica*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –Representação gráfica das variáveis climatológicas registradas mensalmente entre os anos de 2021 e 2022.	22
Figura 2 –Diâmetro o da copa das brotações de cafeeiros, considerando diferentes condicionadores de solo e tipos de cobertura do solo	24
Figura 3 –Diâmetro da copa das brotações de cafeeiros, considerando diferentes condicionadores de solo e tipos de cobertura do solo	25
Figura 4 –Altura a das brotações de cafeeiros, considerando os diferentes tipos de cobertura do solo	26

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	7
2.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
2.1.	Café e Mudanças Climáticas	9
2.2.	Técnicas Agronômicas Inovadoras e Tradicionais.....	11
2.2.1.	Manejo e cobertura do solo	11
2.2.2.	Fertilizantes De Liberação Controlada.....	12
2.2.3.	Condicionadores de solo	13
2.2.3.1.	Resíduos orgânicos: casca de café e composto orgânico	13
2.2.3.2.	Gesso agrícola	14
2.2.3.3.	Polímero hidrorretentor	15
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1.	Caracterização da área experimental	17
3.2.	Instalação e condução do experimento.....	18
3.3.	Delineamento experimental e tratamentos	18
3.4.	Características avaliadas.....	22
3.4.1	Crescimento de plantas e umidade do solo	23
3.5	Análise estatística	23
4	RESULTADOS	24
5	CONCLUSÃO.....	28
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma das atividades agrícolas mais importantes e tradicionais em diversas regiões do mundo. O cultivo do café não apenas desempenha um papel significativo na economia, mas também influencia a vida e os meios de subsistência de muitas comunidades ao redor do globo. No entanto, o setor cafeeiro tem enfrentado desafios crescentes devido às mudanças climáticas e à imprevisibilidade das chuvas, que podem afetar o desenvolvimento saudável das plantas. (LAGE; CARVALHO; LIMA, 2021)

O uso adequado da água é essencial para o crescimento e o sucesso da cafeicultura. Com as chuvas irregulares e a ocorrência cada vez mais frequente de déficit hídrico, torna-se fundamental adotar técnicas agronômicas que minimizem os efeitos negativos dessa condição nas plantações de café em áreas sem irrigação (SILVA; AGUILAR, 2021)

O manejo do solo desempenha um papel crucial na cafeicultura, pois influencia a disponibilidade de nutrientes e a capacidade de retenção de água. Os fertilizantes de liberação controlada são utilizados para fornecer nutrientes gradualmente às plantas ao longo do tempo, melhorando a eficiência do uso de fertilizantes e reduzindo as perdas. Além disso, os condicionadores de solo desempenham um papel importante na melhoria da estrutura e da fertilidade do solo, contribuindo para um ambiente propício ao crescimento das plantas (LANA; CAMPOS; SÁ; CARVALHO, 2013).

Por meio dessa avaliação das brotações de cafeeiros em sequeiro submetidos a diferentes técnicas agronômicas, busca-se identificar práticas que possam mitigar os efeitos adversos do déficit hídrico e contribuir para o desenvolvimento saudável das plantas de café nessas condições. Essas descobertas podem oferecer percepções valiosas para os cafeicultores, permitindo-lhes adotar estratégias mais eficientes e sustentáveis de manejo da água e do solo, aprimorando assim a produtividade e a resiliência do setor cafeeiro diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas (SILVA et al, 2018),

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo principal avaliar o crescimento das brotações de cafeeiros em áreas sem irrigação, conhecidas como sequeiro, após a realização do método de recepa, e submetidos a diferentes técnicas agronômicas. Essas técnicas incluem o manejo adequado do solo, o uso de fertilizantes de liberação controlada e a utilização de condicionadores de solo.

Portanto, este estudo pretende contribuir para a compreensão dos aspectos relacionados ao uso da água na cafeicultura em áreas sem irrigação, bem como para a identificação de práticas agronômicas que possam auxiliar na adaptação das plantações de café ao déficit

hídrico. Ao fornecer conhecimentos valiosos nessa área, espera-se que este trabalho possa oferecer subsídios para a implementação de medidas efetivas de manejo e contribuir para a sustentabilidade e o futuro do setor cafeeiro.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Café e Mudanças Climáticas

As mudanças climáticas têm um impacto significativo na agricultura, incluindo na cultura do cafeeiro. O clima desempenha um papel determinante no sucesso das atividades agrícolas, afetando o crescimento, desenvolvimento e produtividade das culturas. Elementos como chuva, temperatura do ar e radiação solar são especialmente importantes nesse contexto.

A distribuição geográfica da produtividade agrícola é determinada principalmente pelas condições climáticas, incluindo a variabilidade entre regiões e entre culturas devido à heterogeneidade dos fatores de produção. O potencial produtivo de diferentes regiões está diretamente relacionado à distribuição média de precipitação do local. No entanto, os efeitos do aquecimento global terão impactos significativos nos recursos hídricos e na produção agrícola. Com o aumento da temperatura e as flutuações nas precipitações, a disponibilidade de água e, conseqüentemente, a produtividade das culturas tendem a diminuir (TILMAN et al, 2011).

Projeções do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) indicam grandes modificações no zoneamento agroclimático, resultando em um aumento nas áreas com alto risco climático para diferentes culturas no Brasil. O cafeeiro, especialmente a espécie *Coffea arabica L.*, é muito sensível às condições adversas, o que tem um impacto direto em sua produtividade. O cafeeiro se adapta melhor a ambientes com umidade e temperaturas amenas, sendo que condições de cultivo ideais são definidas por uma faixa ótima de temperatura média e precipitações anuais. Chuva e temperatura do ar são os principais fatores que afetam o cafeeiro, sendo a deficiência hídrica a variável mais limitante para altas produtividades, especialmente em plantas mais jovens (SILVA; CARVALHO; CASTRO; ALVARENGA, 2017).

Segundo Alves et al (2021), atualmente é observado grandes oscilações nas variáveis meteorológicas nas principais regiões de cultivo do cafeeiro. A combinação de temperatura do ar elevada com menor disponibilidade hídrica pode comprometer o metabolismo celular e reduzir o crescimento da planta, além de afetar a fixação de CO², o desenvolvimento das flores e a formação dos frutos. As mudanças climáticas e as respostas do cafeeiro a essas circunstâncias podem levar a perdas significativas de áreas globais consideradas aptas ao cultivo do café arábica e robusta.

Estudos baseados em modelos matemáticos identificaram alta vulnerabilidade agrícola e socioeconômica nas áreas cafeeiras do México, Guatemala, El Salvador e Nicarágua (Silva et

al 2020). No Brasil, como principal produtor e exportador de café, prevê-se uma redução drástica das áreas propícias ao cultivo do café arábica em estados como Minas Gerais, Paraná, São Paulo e Goiás, considerando diferentes cenários de aumento da temperatura média anual.

Diante dessas perspectivas, é necessário que a comunidade científica desenvolva estratégias de mitigação e adaptação para a cultura do cafeeiro. Caso contrário, as consequências das alterações climáticas podem ter um impacto expressivo nos aspectos produtivos e socioeconômicos das regiões cafeeiras.

Os esforços da comunidade científica devem se concentrar em gerar estratégias eficazes de mitigação e adaptação para garantir a sustentabilidade da cultura dos cafeeiros diante das mudanças climáticas. É essencial entender como as alterações afetam o cafeeiro e buscar soluções para minimizar os impactos negativos.

Uma abordagem importante é a seleção de variedades de café mais resiliente a conjunção climatológica adversa. Pesquisas têm sido realizadas para identificar cultivares mais tolerantes ao estresse hídrico e ao aumento da temperatura. Essas variedades podem ser utilizadas para desenvolver programas de melhoramento genético visando à produção de mudas adaptadas (PAULA; PEREIRA; COLODETTI, 2019).

Não obstante, práticas de manejo agrícola adequada podem ser implementadas para minimizar os efeitos negativos do clima. Isso inclui a adoção de sistemas de irrigação eficientes, manejo adequado de solo e controle de doenças e pragas, que podem ser exacerbados em condições climáticas desfavoráveis.

A diversificação agrícola também é uma estratégia a ser considerada. A introdução de culturas complementares ao cafeeiro pode ajudar a mitigar os riscos associados às mudanças climáticas. A diversificação não apenas reduz a dependência exclusiva do café, mas também pode proporcionar benefícios complementares, como melhor aproveitamento dos recursos naturais e maior resiliência aos impactos climáticos.

Além das ações no âmbito agrônomo, é necessário considerar os aspectos socioeconômicos. Políticas públicas e incentivos financeiros podem ser implementados para apoiar os produtores de café na adoção de práticas sustentáveis e no desenvolvimento de infraestrutura adequada. Isso inclui investimentos em pesquisa, capacitação técnica e acesso a crédito e seguro agrícola, que podem ajudar a mitigar os riscos econômicos associados às mudanças climáticas (SIQUEIRA; ALMEIDA, 2021).

A cooperação entre os setores público e privado, produtores, instituições de pesquisa e organizações internacionais é fundamental para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas na cultura do cafeeiro. O intercâmbio de conhecimentos, a disseminação de boas

práticas e o desenvolvimento de parcerias podem impulsionar a inovação e acelerar a adoção de medidas de adaptação.

2.2. Técnicas Agronômicas Inovadoras e Tradicionais

A importância das mudanças climáticas na cultura do cafeeiro e os desafios enfrentados devido a essas alterações. O clima, especialmente a chuva e a temperatura, afeta diretamente o crescimento e a produtividade das plantas de café. Com o aquecimento global, há previsões de modificações no zoneamento agroclimático, aumentando o risco climático em diferentes regiões produtoras.

O cafeeiro, especialmente a espécie *Coffea arabica* L., é sensível às condições adversas, como deficiência hídrica e altas temperaturas. As oscilações climáticas atuais nas principais regiões de cultivo têm causado impactos negativos na produtividade do cafeeiro, incluindo redução do crescimento, abortamento de flores e má formação dos frutos.

De acordo com os estudos de Bunn et al (2015), indicam que, a longo prazo, as mudanças climáticas resultarão em perdas significativas de áreas aptas ao cultivo do café, tanto *Coffea arabica* L. quanto *Coffea canephora* Pierre. Países como México, Guatemala, El Salvador, Nicarágua e Brasil estão entre os mais vulneráveis, com reduções drásticas previstas nas áreas propícias ao cultivo. Para enfrentar esses desafios, é necessário investir em estratégias de mitigação e adaptação. Isso inclui a seleção de variedades de café mais resistentes, o desenvolvimento de práticas agrícolas adequadas, a diversificação de culturas complementares e a implementação de políticos públicos e incentivos financeiros para apoiar os produtores. A cooperação entre diferentes setores e a disseminação de conhecimentos também são fundamentais para enfrentar os impactos das mudanças climáticas na cultura do café.

2.2.1. Manejo e cobertura do solo

O sucesso e a estabilidade dos agroecossistemas dependem da adoção de práticas culturais que favoreçam a cobertura do solo. Diversas espécies, como leguminosas e gramíneas, têm sido utilizadas para proteger a superfície do solo, aumentar a ciclagem de nutrientes, preservar a estrutura do solo e controlar plantas espontâneas. Entre as gramíneas, as poáceas do gênero *Urochloa*, especialmente a *Urochloa decumbes* (capim-braquiária), têm se destacado devido à sua adaptabilidade a diferentes condições de solo e clima, além de oferecer uma cobertura densa e alta produtividade de matéria seca (NUNES et al, 2020)

A associação do cafeeiro com a braquiária tem se mostrado uma técnica consolidada para enfrentar os desafios da cafeicultura. Esse consórcio consiste no cultivo da braquiária nas entrelinhas do cafeeiro, enquanto os resíduos vegetais da braquiária cobrem as linhas de plantio. Esse sistema de manejo contribui para a otimização do uso da água, melhora a nutrição da lavoura e favorece os atributos físico-hídricos do solo, aumentando o volume de água prontamente disponível.

No entanto, é importante realizar um manejo adequado da braquiária para evitar competição com o cafeeiro, especialmente em condições de seca. Recomenda-se deixar uma faixa de 100 cm de cada lado da linha de plantio livre da braquiária para evitar interferências. Outra prática de cobertura do solo é o uso de filme plástico, conhecido como *mulching*, que tem sido utilizado como alternativa para a economia de água na agricultura, principalmente em regiões semiáridas. Essa tecnologia tem sido explorada em diversos cultivos, como morango, hortaliças e também no cultivo do café, mostrando resultados favoráveis no aumento do crescimento das plantas, redução da evapotranspiração, melhoria da qualidade dos frutos e aumento da produtividade (ALVES; SOUZA; GUIMARÃES. 2019).

2.2.2. Fertilizantes De Liberação Controlada

Além do fornecimento adequado de água, a cultura do cafeeiro também depende do suprimento adequado de nutrientes. O nitrogênio é o principal nutriente necessário para as plantas, e sua disponibilidade ocorre por meio da mineralização da matéria orgânica do solo e da aplicação de fertilizantes nitrogenados. No entanto, a eficiência da adubação é frequentemente baixa, devido às condições edafoclimáticas da área e às práticas de manejo da cultura. A ureia é o fertilizante nitrogenado mais utilizado na agricultura, mas apresenta perdas significativas por volatilização quando aplicada na superfície do solo.

Os fertilizantes de eficiência aumentada são considerados tecnologias inovadoras para reduzir as perdas de nutrientes, minimizar os impactos ambientais e potencializar a adubação das lavouras. Entre esses fertilizantes, destaca-se o de liberação controlada, que é produzido a partir de compostos capazes de controlar fisicamente a taxa de liberação dos nutrientes. Esses fertilizantes têm maior eficiência devido à redução das perdas por lixiviação, volatilização e desnitrificação, além de proporcionarem uma liberação sincronizada com a demanda da planta.

A liberação controlada é caracterizados por grânulos de ureia revestidos por polímeros ou enxofre elementar, em que a espessura do revestimento controla a liberação do nutriente. No entanto, variações na temperatura e umidade do solo também podem afetar a disponibilidade

do nitrogênio. Esses fertilizantes podem incluir outros nutrientes, como potássio e fósforo, em sua estrutura.

No cafeeiro, o uso de fertilizantes com eficiência aumentada demonstrou reduzir significativamente as perdas de amônia por volatilização em comparação com a ureia convencional. Estudos relatam que o fertilizante de liberação controlada, composto por ureia revestida por enxofre e polímeros, foi capaz de reduzir mais de 90% das perdas de amônia por volatilização. Em outras culturas, como o milho, esse tipo de fertilizante também resultou em redução das perdas por volatilização (CRUSCIOL; NASCENTE; RODRIGUES, 2016).

No entanto, é importante mencionar que os preços dos fertilizantes de eficiência aumentada ainda são consideravelmente mais altos em comparação com os fertilizantes convencionais. Isso pode ser uma limitação para sua adoção generalizada na agricultura.

O uso de fertilizantes de liberação controlada pode ser uma estratégia consolidada para melhorar a eficiência da adubação e reduzir as perdas de nutrientes na cultura do cafeeiro, contribuindo para um manejo mais sustentável dos nutrientes no sistema de produção. As considerações econômicas devem ser levadas em conta ao decidir sobre sua aplicação.

2.2.3. Condicionadores de solo

O manuseio de condicionadores de solo é uma prática que tem se mostrado eficiente no cultivo do cafeeiro, especialmente em condições ambientais adversas. Esses produtos têm a capacidade de melhorar as propriedades físico-químicas do solo, proporcionando benefícios ao sistema radicular das plantas. Ao promover um ambiente mais favorável, os condicionadores, como resíduos orgânicos, gessos agrícolas e polímeros hidroretentores, contribuem para o sucesso do cultivo, mesmo diante de desafios ambientais.

2.2.3.1. Resíduos orgânicos: casca de café e composto orgânico

Aumentar o armazenamento de água no solo é uma prioridade na agricultura, e técnicas agronômicas estão sendo adotadas para alcançar esse objetivo. Uma dessas técnicas é a aplicação de resíduos orgânicos na superfície do solo, o que reduz as perdas de umidade e evita a compactação. A casca de café, um subproduto gerado durante o beneficiamento do café, é um resíduo orgânico de grande volume nas fazendas cafeeiras e tem sido amplamente utilizada como condicionador do solo. Sua aplicação melhora as características físico-químicas e biológicas do solo, além de fornecer gradualmente nutrientes essenciais às plantas.

A casca de café é uma importante fonte de nutrientes, contendo nitrogênio, fósforo e potássio em quantidades significativas. Mendonça, Guedes e Mendonça (2018) mostram que sua aplicação em conjunto com outros materiais, como esterco de aves, pode aumentar os teores foliares de nutrientes em plantas como o cupuaçu e o café. No entanto, é necessário equilibrar o aporte de nutrientes, pois o uso de resíduos orgânicos pode influenciar a incidência de doenças nas plantas. Por exemplo, a aplicação da casca de café pode aumentar os teores de potássio, mas reduzir os teores de cálcio e magnésio, favorecendo o desenvolvimento de certas doenças.

Uma abordagem eficaz é combinar a aplicação de resíduos orgânicos com fertilizantes minerais. A disponibilidade dos nutrientes presentes nos resíduos orgânicos está relacionada ao processo de decomposição, influenciado pela relação carbono-nitrogênio do material. Essa combinação permite maximizar o benefício nutricional das fontes orgânicas e evitar a imobilização dos nutrientes no solo. Além disso, a aplicação de casca de café na superfície do solo também fornece cobertura, o que facilita o manejo de plantas daninhas. Isso ocorre devido às propriedades alelopáticas da casca de café, que pode inibir o crescimento de outras plantas, ou pela formação de uma barreira física no solo. Apesar dos benefícios observados, ainda há uma escassez de estudos sobre a utilização da casca de café diretamente na cultura do cafeeiro, tanto em termos de nutrição das plantas quanto de efeitos alelopáticos nas plantas daninhas e no próprio cafeeiro. Mais pesquisas são necessárias para explorar totalmente o potencial desse resíduo na agricultura e compreender seus efeitos sobre a cultura do café (FARIA; GUIMARÃES; ALVES, 2022).

2.2.3.2. Gesso agrícola

A aplicação de gesso agrícola como condicionador de subsuperfície tem se destacado como uma prática relevante para mitigar o déficit hídrico no cultivo de diversas culturas, incluindo o cafeeiro. O desenvolvimento radicular é influenciado pelas interações entre sistemas de manejo, solo, planta e condições ambientais, e técnicas agronômicas que favoreçam o crescimento das raízes podem conferir maior tolerância às adversidades climáticas.

Pereira, Sá e Fernandes (2017) demonstram que, durante períodos de seca, quando a água não está prontamente disponível nas camadas superficiais do solo, as raízes do cafeeiro exploram uma maior extensão do solo, chegando a uma profundidade de até 1,6 metro. No entanto, baixos teores de cálcio e a toxidez por alumínio são obstáculos para o crescimento radicular em camadas mais profundas do solo. A aplicação de gesso agrícola, contendo cálcio e enxofre, ajuda a contornar esses problemas, fornecendo esses nutrientes nas camadas

subsuperficiais e reduzindo a toxidez por alumínio, principalmente por meio da formação de sulfato de alumínio, que é menos tóxico para as plantas.

Aquisição em diferentes culturas como soja e milho, têm mostrado a eficiência do uso do gesso agrícola. Na soja, por exemplo, a aplicação de gesso melhorou a fertilidade do solo em subsuperfície, possibilitando um melhor desenvolvimento das raízes e maior tolerância ao déficit hídrico. Da mesma forma, na cultura do milho, a aplicação de gesso resultou em aumento da produtividade, mesmo na ausência de deficiência hídrica.

A explicação está no fato que ele melhora a estrutura do solo, aumentando a aeração e drenagem, proporcionando maior acesso das raízes a oxigênio, água e nutrientes. O cálcio presente no gesso estimula o crescimento radicular e age como mensageiro em vias metabólicas. Além disso, o gesso neutraliza a acidez do solo e aumenta a capacidade de retenção de água em camadas profundas, permitindo o crescimento mais saudável das plantas e resultando em maior produtividade e resistência a condições adversas (ALVES; PEREIRA; OLIVEIRA, 2022).

No caso do cafeeiro, o uso do gesso agrícola tem sido empregado para melhorar as condições químicas do solo em subsuperfície, permitindo que o sistema radicular alcance maiores profundidades. Isso potencializa a absorção de água, contribuindo para a longevidade e produtividade das lavouras cafeeiras.

2.2.3.3. Polímero hidrorretentor

Os polímeros retentores de água à base de poliacrilamida, conhecidos como hidrorretentores, têm sido apontados como produtos capazes de reter água no solo e disponibilizá-la gradualmente para as plantas ao longo de períodos mais longos. Esses polímeros funcionam como condicionadores de solo e são considerados uma alternativa para reduzir o estresse hídrico no cultivo do cafeeiro.

De acordo com Macedo et al (2018), foram realizados estudos com o uso de polímeros hidrorretentores na agricultura demonstrando que eles apresentam propriedades de condicionamento do solo, aumentando a retenção de água e reduzindo a lixiviação de nutrientes, melhorando assim a capacidade de troca de cátions (CTC). Esses polímeros têm a capacidade de absorver centenas de vezes sua própria massa em água e permanecem ativos no solo por até cinco anos. Embora não sejam biologicamente degradáveis, eles se deterioram gradualmente devido às práticas de manejo do solo e à exposição aos raios ultravioleta.

Além disso, a influência positiva do uso de polímeros hidrorretentores no desenvolvimento do cafeeiro, como no diâmetro do caule e na densidade radicular. Observou-

se também um aumento na altura e no peso seco das mudas de café, além da possibilidade de aumentar o intervalo entre as irrigações.

No entanto, a eficiência dos polímeros pode variar de acordo com a forma de aplicação, as características do solo e a disponibilidade hídrica. Portanto, é importante estudar sua utilização em diferentes culturas e condições edafoclimáticas para determinar a forma mais adequada de uso em cada sistema de cultivo. Na cultura do cafeeiro, resultados satisfatórios são encontrados com a utilização do polímero hidrorretentor. Recomenda-se preparar uma solução com a proporção de 1,5 kg de polímero em 400 litros de água e aplicar 1,5 litros dessa solução em cada cova de plantio, conforme sugerido por especialistas (BARBOSA; SILVA; CARVALHO; PEREIRA, 2019).

Os polímeros hidrorretentores são produtos que oferecem benefícios significativos para o manejo da água no solo, auxiliando no crescimento e desenvolvimento das plantas, como o cafeeiro. Seu uso adequado pode contribuir para a redução do estresse hídrico, melhorar a disponibilidade de água para as plantas e otimizar a produtividade nas lavouras.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área experimental

O estudo foi realizado em um campo experimental localizado no Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura - DAG, na Universidade Federal de Lavras - UFLA, em Lavras - MG. As coordenadas geográficas da área são latitude 21°13'36.47" Sul e longitude 44°57'40.35 Oeste, com uma altitude média de 975 metros. De acordo com a classificação de Koppen, o clima da região é categorizado como Cwa, caracterizado por verões suaves e amenos e invernos secos (SÁ JÚNIOR et al., 2012).

O solo na área experimental foi identificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2013), com uma textura predominantemente argilosa. As propriedades químicas do solo (nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm) e a sua granulometria antes da realização do experimento são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Análise química (profundidades de 0-20 e 20-40 cm) e a granulometria do solo* da área experimental, antes da instalação do experimento. Lavras - MG, 2015.

Prof. (cm)	pH (H ₂ O)	P (mg dm ⁻³)	K (dag kg ⁻¹)	Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	Mg ²⁺ (mg L ⁻¹)	Al ³⁺ (mg dm ⁻³)	(H+Al)	SB	(t)	(T)
0-20	5.0	4.5	104	1.5	0.5	0.2	3.5	2.3	2.5	5.7
20-40	4.6	1.4	48	0.5	0.2	0.5	4.4	0.8	1.3	5.1
	V (%)	m	M.O. (dag kg ⁻¹)	P-Rem (mg L ⁻¹)	Zn (mg dm ⁻³)	Fe	Mn	Cu	B	S
0-20	39.6	8.1	2.1	27.1	2.9	102.7	22.9	4.1	0.3	35.9
20-40	15.9	37.8	1.3	16.5	0.7	93.5	10.6	3.2	0.5	60.7
Classificação do solo	Argila (dag kg ⁻¹)			Silte			Areia			
Textura Argilosa	44			9			47			

Fonte: Castanheira (2018).

Laudo emitido pelo Laboratório de Análise Química e Física de Solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras.

Nota: SB = soma de bases trocáveis; (t) = capacidade de troca catiônica efetiva; (T) = capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V = índice de saturação de bases; m = índice de saturação por alumínio.

A análise do solo, referente aos dois anos seguintes, foi conduzida, no entanto, não pôde ser comparada com a análise inicial, pois as análises foram específicas para cada tratamento e a primeira análise abrangeu toda a área do experimento.

3.2. Instalação e condução do experimento

A plantação de café foi realizada em 21 de janeiro de 2016, utilizando mudas da cultivar "Mundo Novo 379-19", com um espaçamento de 3,6 metros entre as fileiras de plantio e 0,75 metros entre as plantas.

Para corrigir o solo, foi aplicada uma dose de calcário na área total, a fim de elevar a saturação por bases para 70%, correspondendo a 1,9 toneladas por hectare. Utilizou-se calcário dolomítico calcinado com 35% de CaO e 14% de MgO, com um PRNT de 90%. Além disso, foram aplicados 150 gramas de calcário por metro linear no sulco de plantio. Posteriormente, foi feita a aplicação de 350 gramas de superfosfato simples por metro linear. A correção do solo e a adubação fosfatada seguiram as recomendações da análise de solo (TABELA 1) e as diretrizes da 5ª Aproximação da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (GUIMARÃES et al., 1999).

O monitoramento regular de pragas e doenças foi realizado de acordo com o calendário agrícola da cultura. O manejo fitossanitário foi executado conforme necessário, seguindo as recomendações de Matiello et al. (2010). A aplicação foliar de micronutrientes seguiu as especificações de Guimarães et al. (1999).

O controle de plantas daninhas entre as fileiras de café foi realizado com o uso de uma roçadeira mecânica em todas as parcelas experimentais. No entanto, o controle na linha de plantio foi realizado de acordo com o manejo específico de cada tratamento da parcela, que será detalhado posteriormente.

3.3. Delineamento experimental e tratamentos

Os fatores do estudo foram organizados em um esquema fatorial 3x2x5, resultando em um total de 30 tratamentos distribuídos nas parcelas subdivididas da área experimental. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com três repetições. Nas parcelas principais, foram atribuídos três tipos de manejo do solo (mulching, braquiária e solo exposto). Nas subparcelas, foram alocados dois tipos de fertilizantes (convencional e de liberação controlada). Nas subsubparcelas, foram distribuídos cinco condicionadores de solo (casca de

café, gesso agrícola, polímero hidrorretentor, composto orgânico e um grupo de controle) (TABELA 2).

Cada unidade experimental consistiu de seis plantas, sendo consideradas úteis as quatro centrais. Para evitar interferências, foi utilizada uma linha de bordadura entre as linhas de tratamento.

Tabela 2 - Descrição dos tratamentos. Lavras - MG, 2023.

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

Fonte: Autor (2023).

Para o manejo do solo utilizando filme de polietileno, foi utilizado material dupla face preto e branco, com 1,60 m de largura. O filme foi colocado na linha de plantio logo após o transplante das mudas de café do viveiro para o campo, com a parte superior branca e a parte

inferior preta. De acordo com as instruções do fabricante, a face preta impede a passagem de luz, evitando assim o crescimento de plantas espontâneas, enquanto a face branca reflete os raios solares, reduzindo o calor excessivo do solo. Após a instalação do filme de polietileno, as laterais foram fixadas com a terra amontoada ao redor. Para a aplicação de fertilizantes e condicionadores de solo sob o filme, as laterais foram levantadas temporariamente, permitindo a aplicação dos tratamentos, e em seguida, foram fixadas novamente no solo.

O manejo com capim braquiária foi estabelecido através do consórcio entre o café e o capim braquiária. O capim braquiária (*Urochloa decumbens*) foi cultivado na entrelinha do cafeeiro, enquanto a linha de plantio permanecia coberta pelos resíduos vegetais resultantes do corte do capim. Logo após a marcação dos sulcos de plantio em dezembro de 2015, o capim braquiária foi semeado a lanço em uma faixa de 1,60 m na entrelinha do cafeeiro, mantendo uma distância de 1,00 m da linha de plantio. Utilizou-se uma quantidade de 10 kg por hectare de sementes de *Urochloa decumbens* para estabelecer o capim na área experimental. O corte do capim braquiária foi realizado antes do florescimento, utilizando uma roçadeira mecânica, para evitar a competição com o cafeeiro. Em seguida, a biomassa do capim braquiária foi colocada sob a copa do cafeeiro, usando um rastelo, cobrindo uma distância de 1,00 m de cada lado da linha de plantio.

Para determinar a quantidade de biomassa de capim braquiária depositada sobre o solo na linha de plantio, foram coletadas amostras em cada unidade experimental. Em seguida, o peso fresco foi medido e estimou-se que, em média, 1,8 kg.m⁻² de material vegetal da poácea foram depositados após cada corte.

O manejo do solo com vegetação espontânea envolveu a limpeza de uma faixa de 1,00 m de cada lado da linha de plantio, realizando capinas e aplicação de herbicidas pré e pós-emergentes. Na entrelinha, a vegetação espontânea foi controlada com o uso de uma roçadeira mecânica.

O fator de estudo "tipos de fertilizantes" consistiu em duas tecnologias diferentes para fornecer nitrogênio (N) e potássio (K) às plantas. O fertilizante convencional foi composto pelo formulado NPK 20-00-20, com adição de ureia convencional (45% N) quando necessário. O fertilizante de liberação controlada era um produto comercial (37% N) com ureia revestida por partículas de enxofre elementar e polímeros orgânicos, além de outro produto comercial (52% K₂O) contendo cloreto de potássio revestido por partículas de enxofre elementar e polímeros orgânicos.

As adubações foram realizadas com base nos resultados da análise de solo (TABELA 1) e nas necessidades nutricionais do cafeeiro descritas por Guimarães et al. (1999). Na

adubação pós-plantio, foram aplicados 10 g de N e 10 g de K₂O por planta. Na adubação do primeiro ano pós-plantio, foram aplicados 30 g de N e 10 g de K₂O por planta. É importante destacar que as doses aplicadas de cada tipo de fertilizante foram ajustadas para fornecer a mesma quantidade de nutrientes às plantas, diferenciando apenas o tipo de fertilizante utilizado (convencional ou de liberação lenta).

O fertilizante convencional foi aplicado em duas etapas, em cobertura, aos 30 dias (fevereiro de 2016) e aos 60 dias (março de 2016) após o plantio. Na adubação do primeiro ano pós-plantio, a dose recomendada foi dividida em três aplicações, com intervalos de 45 dias, sendo a primeira aplicação realizada em novembro de 2016. O fertilizante de liberação lenta foi aplicado em uma única vez, em covetas laterais com 5 cm de profundidade, quatro dias após o plantio e, na adubação do primeiro ano pós-plantio, em novembro de 2016.

Para o segundo ano após o plantio, as doses de fertilizantes foram calculadas para cada parcela, levando em consideração as características específicas de cada tratamento (GUIMARÃES et al., 1999). Houve variação significativa nas quantidades de N e K aplicadas devido às diferentes cargas de frutos pendentes nos diferentes tratamentos. Para os fertilizantes de liberação lenta, a aplicação foi feita uma única vez em novembro de 2017. Para as parcelas com aplicação de fertilizantes convencionais, a fertilização foi dividida em três aplicações, em novembro, dezembro e fevereiro, com um intervalo de 45 dias entre cada aplicação.

Os condicionadores de solo utilizados no experimento foram casca de café, gesso agrícola, polímero hidrorretentor e composto orgânico. A aplicação da casca de café, do gesso agrícola e do composto orgânico foi feita em cobertura, na projeção da copa do cafeeiro, logo após o plantio (GUIMARÃES et al., 1999). A casca de café e o composto orgânico foram aplicados na dose de 10 L por planta, distribuídos uniformemente nas respectivas sub parcelas. A casca de café utilizada foi proveniente do processo de beneficiamento do café em casca (método de processamento seco amplamente utilizado nas propriedades cafeeiras do Brasil). O composto orgânico utilizado era um produto comercial que continha resíduos de fazendas e indústrias alimentícias.

Nos tratamentos com gesso agrícola, foi aplicada uma quantidade de 300 g por metro quadrado, de acordo com a recomendação baseada nos resultados da análise de solo na profundidade de 20 a 40 cm (TABELA 1). A dose foi calculada levando em consideração a textura do solo, e o produto utilizado continha 18% de cálcio e 15% de enxofre.

O polímero hidrorretentor foi aplicado durante o plantio. Preparou-se uma solução do polímero, usando 1,5 kg do produto em 400 litros de água, e a solução foi deixada em repouso por 30 minutos para uma completa hidratação. Em seguida, foram aplicados 1,5 litros da

solução em cada cova de plantio, incorporando o polímero ao solo ao preencher as covas (PIEVE et al., 2013).

A subparcela denominada "testemunha" não recebeu nenhum condicionador de solo, sendo influenciada apenas pelos fatores de manejo e tipo de fertilizante.

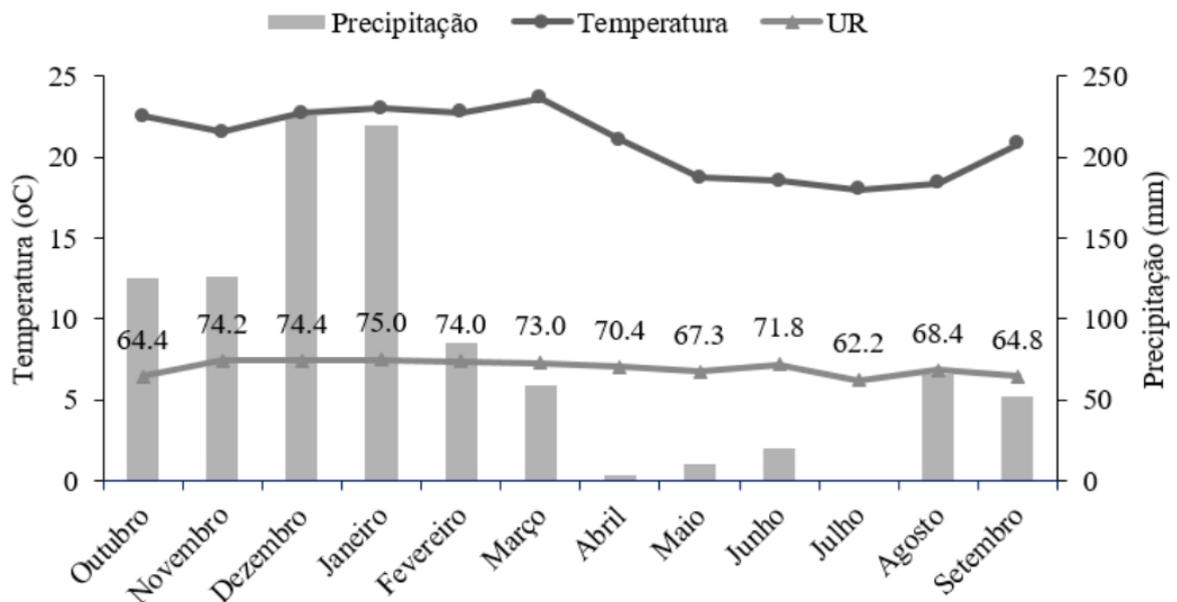
Todos os condicionadores foram reaplicados anualmente, sempre no mês de outubro.

3.4. Características avaliadas

As medições das características avaliadas foram realizadas em duas épocas diferentes para acompanhar as respostas do cafeeiro em diferentes condições climáticas, tanto na época chuvosa quanto na seca. As épocas de medição foram denominadas E1 (outubro de 2021) e E2 (setembro de 2022).

Os dados climáticos foram monitorados por meio de uma estação meteorológica automática instalada próxima à área experimental. Essa estação forneceu informações como volume de chuva (precipitação), temperaturas máxima, média e mínima, e umidade relativa do ar (FIGURA 1).

Figura 1 – Representação gráfica das variáveis climatológicas registradas mensalmente entre os anos de 2021 e 2022.



Fonte: Autor (2023).

3.4.1 Crescimento de plantas

As avaliações do crescimento vegetativo das plantas foram realizadas em duas épocas.

Foram analisadas as seguintes características do crescimento:

- **Altura de brotos (AB):** medida em centímetros, utilizando uma régua graduada, desde o colo de planta até a gema apical do ramo ortotrópico;
- **Diâmetro do caule (DC):** medido em milímetros, com auxílio de um paquímetro eletrônico, na região do colo da planta;
- **Diâmetro da copa (DCP):** medido em centímetros, na região da copa do cafeeiro, abrangendo toda a extensão dos ramos plagiotrópicos nos dois lados da planta;

3.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos às pressuposições da ANOVA, verificando a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk.

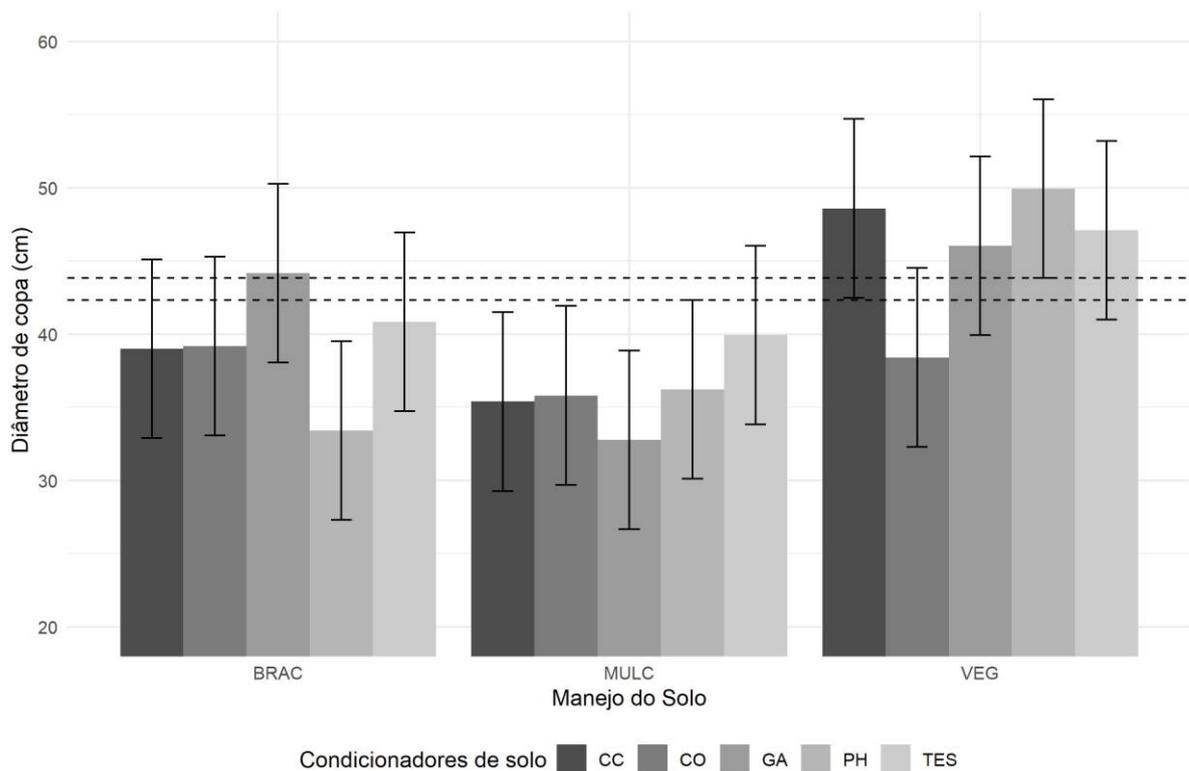
Posteriormente, realizou-se a análise de variância com a significância das fontes de variação verificada pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade. Para o estudo das médias, quando verificada significância, realizou-se a comparação, por meio da sobreposição do erro padrão da média, para estudar os efeitos das interações e dos efeitos dos fatores principais. Esses procedimentos estatísticos foram realizados por meio do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016).

4 RESULTADOS

Os resultados obtidos mostraram que houve diferenças significativas entre os tratamentos na primeira época de avaliação para as variáveis diâmetro de copa, com interação entre os tipos de cobertura e os condicionadores de solo; e para a variável altura das brotações essa diferença foi somente entre os manejos de cobertura de solo. As demais épocas de avaliação não apresentaram diferenças quanto ao crescimento.

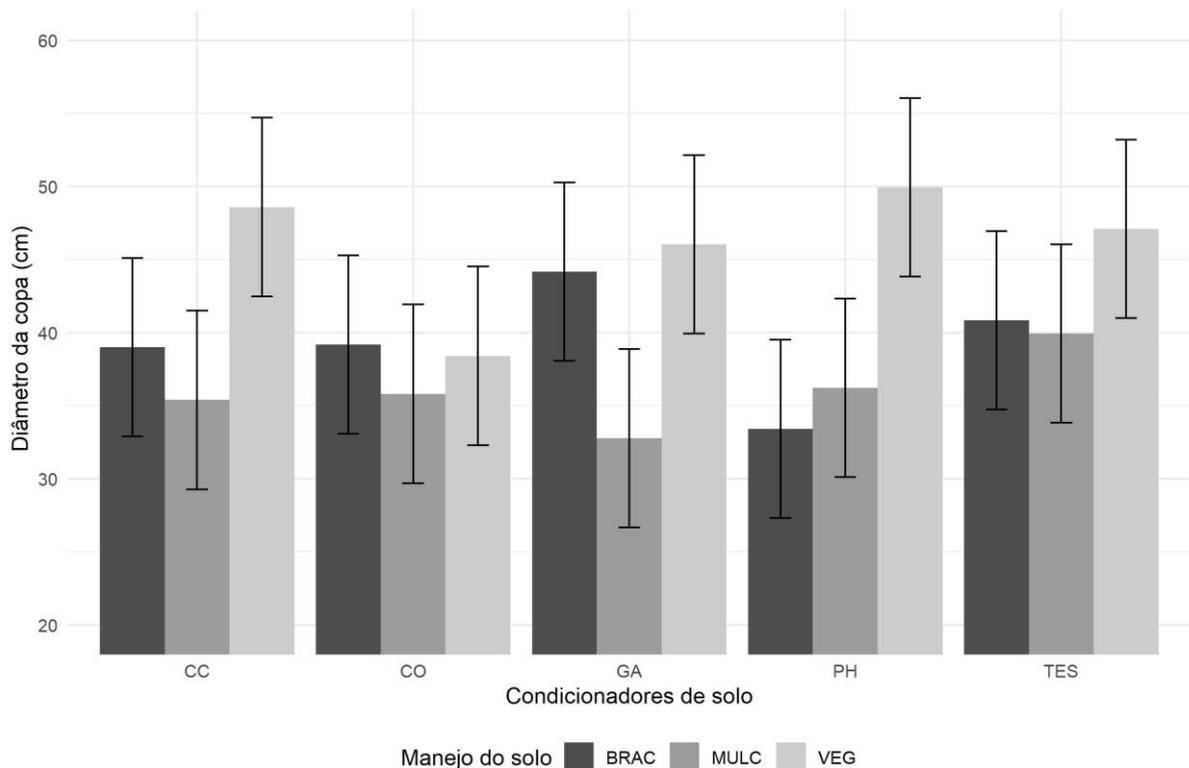
As figuras 2 e 3 apresentam os resultados do diâmetro estimado da copa das brotações de cafeeiros, considerando diferentes condicionadores de solo e tipos de cobertura do solo. A variável "Condicionadores de solo" inclui diferentes tipos de materiais utilizados no experimento: casca de café, composto orgânico, gesso agrícola, polímero retentor de água e uma testemunha (sem condicionador). O fator "Tipo de cobertura do solo" considera três opções: capim braquiária em manejo ecológico, filme de polietileno e vegetação espontânea.

Figura 2 – Diâmetro o da copa das brotações de cafeeiros, considerando diferentes condicionadores de solo e tipos de cobertura do solo



Fonte:

Figura 3 – Diâmetro da copa das brotações de cafeeiros, considerando diferentes condicionadores de solo e tipos de cobertura do solo



Fonte: Do autor (2023).

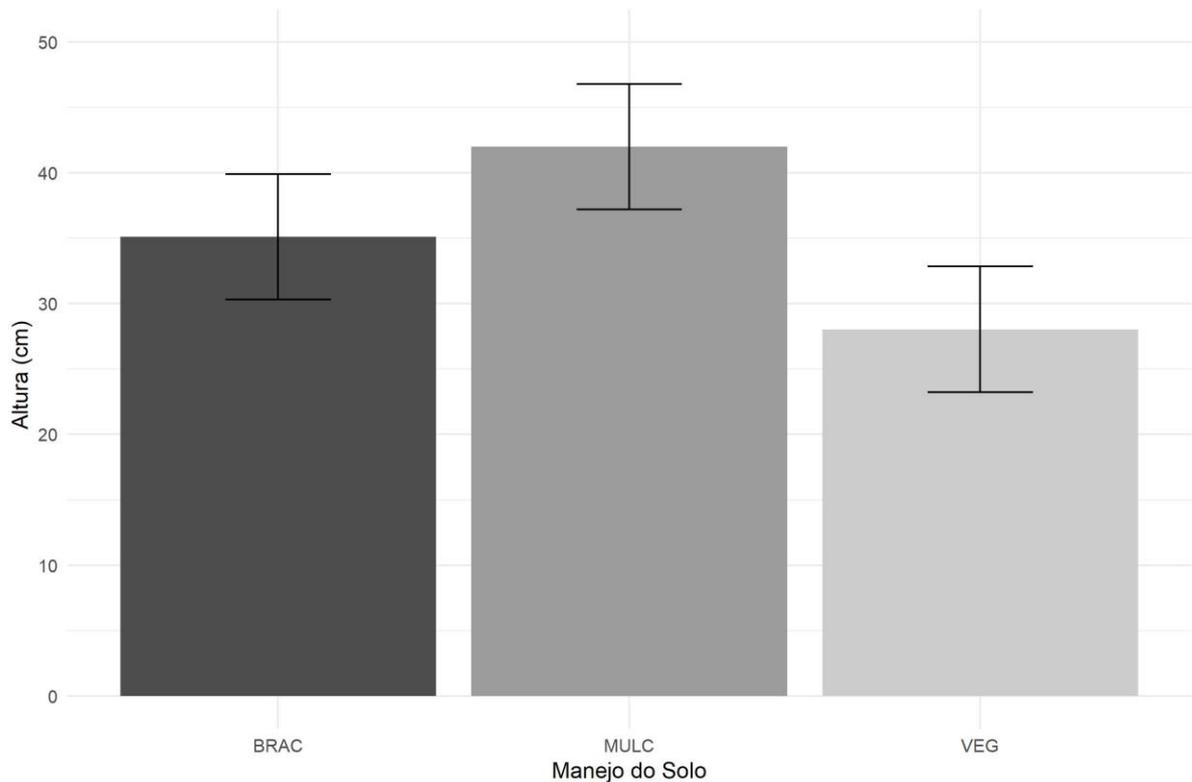
A partir dos valores mínimo e máximo apresentados na figura 3, podemos observar que:

- Para o condicionador de solo "casca de café", o diâmetro estimado da copa varia entre 32,9 cm e 48,58 cm, dependendo do tipo de cobertura do solo.
- O condicionador "composto orgânico" apresenta um diâmetro estimado da copa entre 33,06 cm e 38,4 cm, também variando de acordo com o tipo de cobertura do solo.
- O gesso agrícola influencia o diâmetro estimado da copa, resultando em valores entre 32,78 cm e 46,03 cm.
- O uso de polímero retentor de água como condicionador de solo leva a um diâmetro estimado da copa variando de 27,31 cm a 49,92 cm.
- Na testemunha (sem condicionador de solo), o diâmetro estimado da copa varia entre 34,74 cm e 47,08 cm.

Em relação ao tipo de cobertura do solo, a figura 2 mostra que o cafeeiro conduzido no capim braquiária em manejo ecológico apresenta valores de diâmetro estimado da copa entre 32,9 mm e 50,27 mm. O cafeeiro conduzido no filme de polietileno resulta em valores de

diâmetro estimado da copa entre 29,28 cm e 46,95 cm. Já a vegetação espontânea proporciona um diâmetro estimado da copa variando de 39,92 cm a 56,02 cm.

Figura 4 – Altura a das brotações de cafeeiros, considerando os diferentes tipos de cobertura do solo



Fonte: Do autor (2023).

A figura 4, por sua vez, apresenta os resultados da altura estimada das brotações de cafeeiros, considerando os diferentes tipos de cobertura do solo. Os valores mínimos e máximos mostram que:

- Para o capim braquiária em manejo ecológico como cobertura do solo, a altura estimada varia entre 30,3 cm e 39,91 cm.
- A cobertura com filme de polietileno resulta em alturas estimadas entre 37,2 cm e 46,81 cm.
- A vegetação espontânea como cobertura do solo leva a alturas estimadas entre 23,24 cm e 32,84 cm.

Essas informações fornecem uma visão geral sobre o crescimento das brotações de cafeeiros em diferentes condições de condicionadores e coberturas do solo, permitindo avaliar os efeitos desses fatores no desenvolvimento das plantas.

De acordo com os resultados observados, viu-se que no tratamento vegetação espontânea combinada com o condicionador polímero hidroretentor, houve maior crescimento em relação ao diâmetro de copa. Segundo Arantes, Faria e Rezende (2009), para a recuperação de lavouras podadas é importante que se tenha no solo uma boa retenção de água. E de acordo com Silva e Toscani (2000), os polímeros são ótimas opções quando se tem baixa disponibilidade hídrica no solo, sendo eficientes para reter e disponibilizar água para as plantas, em períodos prolongados de estiagem. Sendo assim, os resultados podem ser explicados pela disponibilidade hídrica proporcionada pelo polímero, esse efeito possivelmente foi intensificado pela combinação com a vegetação espontânea, que tem menor disponibilidade hídrica e acentuou os efeitos do polímero.

Com relação à altura das plantas, observou-se o menor crescimento das plantas na vegetação espontânea, em relação ao mulching e uso de brachiaria. Possivelmente isso ocorreu em função do acúmulo de material orgânico. A cobertura vegetal quando mantidas na área e são combinadas com adição de algum resíduo orgânico proporciona maiores incrementos às plantas. Além de uma maior retenção de água, é possível verificar maior fornecimento de nutrientes, em função da decomposição do material orgânico, em lavoura conduzidas com cobertura vegetal (RAGASSI; PEDROSA; FAVARIN, 2013; ROCHA et al., 2016; SIQUEIRA et al., 2014a, 2014b; VOLTOLINI, 2019). Em seu trabalho, Bragança (1985) observou maior crescimento e produtividade do cafeeiro quando tratados com material orgânico.

As diferenças encontradas no crescimento do cafeeiro após a recepa, foram somente na primeira avaliação. Nas avaliações seguintes, não foram observadas diferenças significativa entre os tratamentos, podendo-se dizer que o crescimento foi semelhante.

Segundo Rena et al. (2003) a medida que as plantas podadas crescem e começam a se sobrepor na linha, passa a não haver efeito sobre o crescimento vegetativo das plantas. De acordo com Akunda (1979) os cafeeiros são plantas que se adaptam muito bem as condições ambientais, por isso o crescimento após a recepa é semelhante em todos os tratamentos.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que o manejo recomendado da lavoura de café recepada é o uso de coberturas de solo, juntamente com a utilização de materiais orgânicos como casca de café, composto orgânico ou gesso, além das adubações químicas com fertilizantes de liberação controlada.

Essas técnicas de manejo combinadas permitem maior crescimento e conseqüentemente maior recuperação das lavouras recepadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, M. M.; PEREIRA, G. F.; OLIVEIRA, J. L. **Benefícios do uso de gesso agrícola na agricultura: impacto na estrutura do solo e crescimento das plantas.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 46, e217875, 2022.
- ALVES, G. M. et al. **Impactos das mudanças climáticas na cafeicultura: uma revisão bibliográfica.** Scientia Plena, v. 17, n. 4, p. 1-13, 2021.
- ALVES, M. R.; SOUZA, S. R.; GUIMARÃES, P. T. G. **Uso de coberturas do solo na cafeicultura: uma revisão.** Coffee Science, v. 14, n. 1, p. 1-15, 2019.
- BARBOSA, E. G.; SILVA, A. B.; CARVALHO, R. V.; PEREIRA, M. M. **Eficiência do uso de polímeros hidrorretentores na cultura do cafeeiro.** Coffee Science, v. 14, n. 4, p. 475-484, 2019.
- BUNN, C. et al. **A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee.** Climatic Change, v. 129, n. 1-2, p. 89-101, 2015.
- CRUSCIOL, C. A. C.; NASCENTE, A. S.; RODRIGUES, J. A. S. **Uso de fertilizantes nitrogenados de liberação lenta em culturas anuais.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 40, n. 1, e0150310, 2016.
- Faria, C. M. B., Guimarães, P. T. G., & Alves, M. R. (2022). **Utilização da casca de café na agricultura: efeitos nutricionais e alelopáticos na cultura do café.** Coffee Science, 17(1), e171788.
- LAGE, L. B.; CARVALHO, G. R.; LIMA, A. L. **Desafios e oportunidades para a cafeicultura frente às mudanças climáticas.** Coffee Science, v. 16, n. 2, e167511, 2021.
- LANA, R. M. Q.; CAMPOS, M. L. S.; SÁ, M. E.; CARVALHO, J. G. **Uso de fertilizantes de liberação controlada e condicionadores de solo na cafeicultura.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 17, n. 4, p. 433-439, 2013.
- MACEDO, M. A. et al. **Polímeros hidrorretentores na agricultura: revisão de literatura.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 22, n. 11, p. 789-796, 2018.
- MARENGO, J. A.; ALVES, L. M. **Mudanças climáticas e os impactos na agricultura brasileira.** Estudos Avançados, v. 33, n. 95, p. 133-148, 2019.

MENDONÇA, V. Z.; GUEDES, T. A.; MENDONÇA, M. S. **Efeito da aplicação de resíduos orgânicos na nutrição de plantas e na supressividade a doenças.** Revista Brasileira de Agroecologia, v. 13, n. 3, p. 141-148, 2018.

NUNES, L. F. et al. **Importância da cobertura do solo na estabilidade de agroecossistemas: o caso do capim-braquiária (Urochloa decumbens).** Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, v. 10, n. 3, p. 78-89, 2020.

PAULA, C. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; COLODETTI, T. V. **Seleção de cultivares de café mais tolerantes ao estresse hídrico: uma revisão de literatura.** Coffee Science, v. 14, n. 3, p. 295-308, 2019.

PEREIRA, M. G.; SÁ, M. E.; FERNANDES, L. A. **Efeito da aplicação de gesso na cultura do cafeeiro.** Coffee Science, v. 12, n. 3, p. 359-368, 2017.

SILVA, E. P.; CARVALHO, A. M.; CASTRO, E. M.; ALVARENGA, M. I. N. **Impactos das mudanças climáticas na cafeicultura brasileira. Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia,** v. 14, n. 4, p. 492-504, 2017.

SILVA, E. S. et al. **Impactos das mudanças climáticas na cafeicultura: um estudo para o Brasil e países da América Central.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 24, n. 4, p. 285-292, 2020.

SILVA, J. V.; AGUILAR, J. A. **Desafios da cafeicultura frente às mudanças climáticas: O papel da gestão da água na sustentabilidade da produção.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 25, n. 7, p. 579-584, 2021.

SILVA, P. R. et al. **Estratégias agronômicas para mitigar o déficit hídrico em cafeeiros cultivados em sequeiro.** Coffee Science, v. 13, n. 1, p. 105-115, 2018.

SIQUEIRA, K. M.; ALMEIDA, F. S. **Ações governamentais para adaptação da cafeicultura às mudanças climáticas.** Revista de Política Agrícola, v. 30, n. 1, p. 99-114, 2021.

TILMAN, D.; BALZER, C.; HILL, J.; BEFORT, B. L. **Global food demand and the sustainable intensification of agriculture.** Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 108, n. 50, p. 20260-20264, 2011.

APÊNDICE