



**JOANA CAROLINE D ARC DE OLIVEIRA**

**CRESCIMENTO DE CAFEEIROS EM DIFERENTES  
TÉCNICAS AGRONÔMICAS**

**LAVRAS – MG  
2021**

**JOANA CAROLINE D ARC DE OLIVEIRA**

**CRESCIMENTO DE CAFEEIROS EM DIFERENTES TÉCNICAS  
AGRONÔMICAS**

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

Prof. Dr. Rubens José Guimarães  
Orientador

Ms. Alisson André Vicente Campos  
Coorientador

**LAVRAS – MG  
2021**

**JOANA CAROLINE D ARC DE OLIVEIRA**

**CRESCIMENTO DE CAFEIROS EM DIFERENTES TÉCNICAS  
AGRONÔMICAS**  
**COFFEE GROWTH IN DIFFERENT AGRONOMIC TECHNIQUES**

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

APROVADA em 11 de novembro de 2021.

Ms. Marina Scalioni Vilela UFLA.

Ms. Larissa Cocato Silva REHAGRO.

Prof. Dr. Rubens José Guimarães  
Orientador

Ms. Alisson André Vicente Campos  
Coorientador

**LAVRAS – MG**  
**2021**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me acompanhar durante toda minha jornada e me dar discernimento, saúde e sabedoria, sem ele nada seria possível.

Aos meus pais João Gonçalves de Oliveira e Leila Moreira de Oliveira, por me apoiarem em todas minhas decisões, por serem meu alicerce e exemplos de caráter e bondade.

Aos meus irmãos Tiago Gonçalves de Oliveira e Charles Moreira de Oliveira, pela amizade e companheirismo.

Aos meus avós Vilma Salomão Moreira e Antônio Moreira por todas as orações e pelo carinho.

Às famílias Moreira e Oliveira, em especial aos meus primos Carlos Nadaletti e Diana Nadaletti, e a minha tia Célia Moreira por todo apoio, amizade e amor.

À Universidade Federal de Lavras e ao Setor de Cafeicultura DAG/ESAL/UFLA pela oportunidade.

Ao professor Doutor Rubens José Guimarães, pelos ensinamentos e orientação durante a graduação.

Ao Coorientador Ms. Alisson André Vicente Campos, pelos ensinamentos, pela amizade e pela orientação na fase final do curso.

Ao NECAF e ao NEFIT, por auxiliarem no meu desenvolvimento pessoal e profissional, pelas ótimas experiências que os núcleos me proporcionaram e pelas grandes amizades.

Aos grandes amigos que fiz durante a universidade que foram essenciais em minha jornada.

Às empresas Compass Minerals, Hydroplan, Electroplastic, Grupo Mantiqueira e 3rlab pela parceria na realização do experimento.

A todos que contribuíram para a construção deste trabalho.

**MUITO OBRIGADA!**

## RESUMO

A água é o principal constituinte das plantas de café, dessa forma, a disponibilidade deste recurso durante o ciclo da planta é essencial para que ocorra um bom desenvolvimento. Assim, algumas técnicas agronômicas podem ser utilizadas para mitigar os efeitos do déficit hídrico, como uso de coberturas de solo, vegetais ou artificiais, uso de fertilizantes de liberação controlada, condicionadores de solo e outras. Objetivou-se avaliar o crescimento de cafeeiros em uma área de cultivo em sequeiro, em função da associação de técnicas agronômicas tradicionais e inovadoras. O experimento foi conduzido em campo, no setor de Cafeicultura da Universidade Federal de Lavras – UFLA. O plantio do café foi realizado em 2016 com mudas de café arábica do grupo Mundo Novo ‘IAC 379-19’, com espaçamento de 3,6 metros nas entrelinhas 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 replicados anualmente. As variáveis de crescimento avaliadas foram: altura, diâmetro do caule e da copa, realizadas nos meses de março, agosto e novembro de 2019, março e agosto de 2020. As unidades experimentais são compostas por seis plantas, sendo as quatro centrais consideradas plantas úteis. Os procedimentos estatísticos foram realizados com o software R. Verificou-se que o uso de fertilizantes de liberação controlada, cobertura do solo, e de alguns condicionadores, proporcionaram maior crescimento das plantas de café.

**Palavras-chave:** *Coffea arábica*. Otimização da água. Cobertura do solo. Condicionadores. Fertilizantes.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	2
2.1 Efeito das mudanças climáticas na cultura do café .....	2
2.2 Manejo da cobertura do solo .....	3
2.3 Condicionadores de solo.....	4
2.4 Fertilizantes .....	5
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	6
3.1. Delineamento experimental.....	8
3.2. Crescimento de plantas .....	11
3.3. Análise estatística .....	11
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	11
5 CONCLUSÃO.....	21
REFERÊNCIAS .....	21

## 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 63,08 milhões de sacas beneficiadas no ano de 2020, obtendo um resultado 27,9% superior ao de 2019. Desse modo, a produção da safra 19/20 foi recorde dentro da série histórica nacional de produção de café (CONAB, 2020).

Esse aumento teve influência do efeito da bienalidade positiva na maioria das regiões produtoras, aliado ao investimento em tecnologias, renovação de lavouras de baixa produtividade e as condições climáticas favoráveis (CONAB, 2020).

As condições climáticas, principalmente a disponibilidade de recursos hídricos, são fatores de forte interferência na produtividade dos cafeeiros. Nesse sentido, algumas projeções mostram que a produtividade pode ser menor nos próximos anos em função de má distribuição de chuvas, aumento da temperatura média e outras condições climáticas adversas (IPCC, 2021).

Embora a irrigação seja uma estratégia para atenuar o déficit hídrico, muitas vezes não dispõem de água em quantidade e qualidade para utilização agrícola, assim, novas técnicas agrícolas também são necessárias para mitigar os efeitos do déficit hídrico. Assim, a cobertura do solo com filme de polietileno ou com plantas de cobertura, podem auxiliar na manutenção da umidade e da temperatura no solo, reduzindo a evaporação, o risco de infestações de plantas daninhas, a ocorrência de processos erosivos, e aumentando a retenção de água no solo (SANTOS; REIS, 2001).

O uso de condicionadores é outra técnica de manejo sustentável para a agricultura, adotando-se materiais como polímeros hidrorretentores, casca de café, compostos orgânicos, gesso agrícola e outros. Os condicionadores são caracterizados por elevarem o potencial de armazenamento de água no solo e auxiliar no crescimento e no desenvolvimento de raízes e da cultura em geral (AZEVEDO et al., 2002).

Além do manejo do solo, a fertilidade também está diretamente relacionada a um sistema de produção eficiente. Dessa forma, é importante para o cafeicultor dispor de tecnologias que otimizem o uso dos nutrientes e reduzam os impactos ambientais, como é no caso dos fertilizantes de eficiência aumentada, que pela disponibilização gradual dos nutrientes e pela diminuição de perdas por volatilização e lixiviação aumentam a eficiência do fertilizante (TIMILSENA et al., 2014; CHAGAS et al., 2019).

Nesse sentido, a falta de água durante o ciclo do cafeeiro pode acarretar diferentes danos ao sistema de produção, afetando até mesmo o crescimento das plantas (ARAÚJO et al., 2011). A cafeicultura brasileira enfrenta a alguns anos adversidades climáticas que afetam desde a formação até a produção das lavouras. Sabe-se que a produção do cafeeiro está diretamente relacionada ao seu crescimento vegetativo, visto que as plantas produzem frutos especialmente em gemas novas dos ramos plagiotrópicos.

Dessa forma, objetivou-se com o presente estudo avaliar o crescimento do cafeeiro sob diferentes técnicas agronômicas que visam atenuar o efeito da escassez de água.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Efeito das mudanças climáticas na cultura do café**

As mudanças climáticas podem gerar riscos para os ecossistemas, a biodiversidade, a saúde humana e aos sistemas alimentares, principalmente pelo aumento de temperatura, aumento da frequência e intensidade de secas em determinadas regiões, e índices extremos de chuva em outras (IPCC, 2021). Dessa forma, o clima interfere no crescimento, desenvolvimento e na produtividade das plantas (SÁ JUNIOR et al., 2012). Com maiores níveis de CO<sub>2</sub> atmosférico, aumento da temperatura e da má distribuição de precipitações, projeta-se redução da produtividade e da qualidade dos produtos agrícolas, ocasionando instabilidade no suprimento de alimentos (IPCC, 2021).

No caso da espécie *Coffea arabica* L., as condições ideais para seu cultivo são precipitações anuais acima de 1200 mm e temperatura média entre 18 e 22 °C (MATIELLO et al., 2016). O cafeeiro sob déficit hídrico, tem redução da atividade fotossintética, pois os estômatos se fecham para impedir a perda de água e conseqüentemente, diminui a fixação de CO<sub>2</sub>. Nesse sentido, o déficit hídrico aliado a temperatura elevada do ar pode ocasionar prejuízos ao metabolismo celular e afetar o crescimento das plantas de café (PELOSO et al., 2017).

No entanto, Oliveira (2007) simulou alterações na produtividade de duas culturas ao longo dos anos acrescentando os efeitos das mudanças climáticas e do avanço tecnológico, e mostrou que estas técnicas são capazes de reverter os prejuízos ocasionados pelas mudanças climáticas. Dessa forma, a transferência e implantação de tecnologia, assim como o manejo correto das áreas de cultivo são opções de resposta para mitigar os efeitos das mudanças climáticas (IPCC, 2021).



## 2.2 Manejo da cobertura do solo

A agricultura, por muito tempo, seguiu manejos denominados de “convencionais”, com menor controle do uso de produtos químicos, grande revolvimento do solo e monocultivos. No entanto, ao longo dos anos sob esse sistema foi possível notar desequilíbrios, principalmente relacionados a resistência de pragas, doenças, plantas espontâneas e ao desgaste e empobrecimento dos solos (BETTIOL e GHINI, 2003). Dessa forma, atualmente têm-se dado mais importância aos manejos sustentáveis, que conservam o solo e aumentam a biodiversidade.

Diante disso, a cobertura de solo pode favorecer o manejo do solo, pois atua como controle físico e cultural de plantas espontâneas (PARTELLI et al., 2010), além de diminuir os riscos de erosão por proteger o solo contra os impactos de gotas de chuva, aumentar a taxa de infiltração e retenção de água no solo (CARNEIRO et al., 2004; RICCI et al., 2005). A cobertura do solo auxilia ainda na preservação da biodiversidade, disponibilizando recursos como abrigo e alimento para algumas espécies de inimigos naturais das pragas (ALTIERI et al., 2003).

Ressaltada à importância do uso de coberturas do solo, a técnica de condução do cafeeiro associado à braquiária é promissora, principalmente pela utilização do gênero *Urochloa* a exemplo da *Urochloa decumbens* (capim-braquiária) que apresenta adaptação a diferentes condições de solo e clima, boa produção de matéria seca, arquitetura reduzida e cobertura do solo densa (WUTKE; CALEGARI; WILDNER, 2014).

Dessa forma, a braquiária é cultivada nas entrelinhas do cafeeiro e nas linhas de plantio são depositados os resíduos provenientes do corte da mesma. Todavia, para usufruir dos benefícios da planta de cobertura e para evitar a competição com o cafeeiro, é importante utilizar técnicas corretas de manejo, sendo indicado manter uma faixa de 100 cm de cada lado das linhas de café, livre de braquiária (SOUZA et al., 2006). O capim-braquiária (*Urochloa decumbens*) tem menor crescimento que outras espécies *Urochloa*, mas apresenta cobertura densa do solo, influenciando positivamente o manejo das plantas espontâneas em cultivos consorciados e na competição com a cultura em consórcio (IKEDA et al., 2013).

Uma outra prática é a cobertura com filme de polietileno é uma prática que também tem sido explorada em alguns cultivos, principalmente nas regiões semiáridas, visando a economia de água nos cultivos agrícolas (SANTOS et al., 2008). A utilização do filme dificulta as perdas de água pela evaporação e evita oscilações de temperatura do solo, podendo reduzir a quantidade de água requerida pelas plantas em 5 a 30% (ALLEN et al., 1998). O filme de

polietileno reduz a evaporação e melhora a eficiência do uso da água por aumentar a umidade do solo (KADER et al., 2017).

Em relação ao cafeeiro, Barbosa (2015) observou o maior crescimento das plantas com uso da cobertura plástica, demonstrando ser uma alternativa promissora para cultivos em regiões de baixa disponibilidade de água. Com base nos resultados positivos para a cultura do café, há a possibilidade de implementar a cobertura com filme de polietileno nos cultivos.

### 2.3 Condicionadores de solo

São considerados condicionadores os produtos que, aliados ao solo ou ao substrato orgânico melhoram suas propriedades (KÄMPF, 1999). Estudos comprovam a eficiência dos condicionadores em implantação de lavouras de café, (AZEVEDO et al., 2002), como: casca de café, gesso agrícola, composto orgânico, polímero hidroretentor e outros (VOLTOLINI et al., 2020).

A casca de café é um coproduto proveniente do beneficiamento dos frutos de café, e é utilizada, principalmente em aplicações como fertilizante, na alimentação animal e em compostagens (MURTHY; NAIDU, 2012). Nesse sentido, a casca de café apresenta diversos benefícios como a proteção o solo, disponibilização de nutrientes (principalmente de potássio), supressão de plantas espontâneas por ação física e química, aumento da matéria orgânica e outros (SANTOS et al., 2001). Todavia, segundo Shemekite et al. (2014) a aplicação direta da casca de café como fertilizante pode inibir o crescimento dos cafeeiros pela presença de compostos fenólicos.

Já a compostagem, é um método utilizado para transformar resíduos em compostos orgânicos, possibilitando redução da aquisição de insumos externos (FERREIRA et al., 2013). Nesse sentido, o composto orgânico tem grande importância para sustentabilidade dos sistemas de cultivos, isso pois fornece nutrientes, influencia atributos físicos, químicos e biológicos do solo, além de aumentar a retenção de água, e o teor de matéria orgânica, tendo influencia também no aumento da CTC do solo (COSTA et al. 2013).

Segundo Pauletti et. al. (2014), a aplicação de gesso proporciona redução da saturação por Al e aumento dos teores de Ca e S no perfil do solo. Nesse sentido, o  $\text{SO}_4^-$  fornecido pelo gesso, após ser assimilado a radicais sulfidrilos e a dissulfetos, pode aumentar a resistência das plantas ao déficit hídrico (VITTI et al., 2018), além disso, em plantas sob estresse ocorre a redução da atividade da amilase, responsável pela degradação do carboidrato e assim pela

disponibilização de carbono e energia para que ocorra o crescimento. Nas plantas com boa nutrição de S há aumento da atividade da amilase, auxiliando na redução do estresse oxidativo (SAMANTA et al., 2020).

Também foi observado por Pauletti et al. (2014) aumento da produtividade de milho e trigo, e redução de perdas em soja em safras com deficiência hídrica, associando esse resultado à maior tolerância ao déficit hídrico pela utilização do gesso estimular o crescimento das raízes em profundidade.

Por fim, os hidrogéis ou polímeros hidrorretentores, são produtos naturais a base de derivados de amido, ou sintéticos por derivados de petróleo. São utilizados na agricultura por suas propriedades de absorver e armazenar água, auxiliando no desempenho das plantas, principalmente quando há baixa disponibilidade de água no solo, por aumentar o armazenamento de água e a superfície de contato entre as raízes, água e nutrientes (PREVEDELLO; BALENA, 2000). Diante disso, a aplicação de doses de polímero hidrorretentor pode trazer benefícios ao desenvolvimento e o crescimento do cafeeiro, proporcionando maiores alturas das plantas, número de nós e diâmetro do caule (CARVALHO, et al., 2011).

Oliveira et al., (2015) observaram a redução dos índices de mortalidade de plantas de café na presença do polímero hidrorretentor, porém, não observaram diferença no desenvolvimento das plantas cultivadas com ou sem o produto.

## **2.4 Fertilizantes**

O nitrogênio é o nutriente exigido em maior quantidade pelas culturas agrícolas, e sua disponibilização para absorção das plantas ocorre pela mineralização da matéria orgânica do solo e por meio de fertilizantes nitrogenados (OTTO et al., 2021). Todavia, o nitrogênio interage de diferentes formas com as condições edafoclimáticas, estando sujeito a perdas, por lixiviação, desnitrificação e volatilização (FREITAS, 2017), o que pode reduzir a eficiência das adubações e o aproveitamento do nutriente pelas plantas.

Aliado a isso, a fonte do nutriente também influencia fortemente na adubação. No caso da ureia, fertilizante muito utilizado em algumas regiões produtoras de café, apresenta altos níveis de perdas por volatilização em aplicações sob a superfície do solo (OTTO et al., 2021). Nesse sentido, o mercado tem ofertado novas opções de fertilizantes, e geralmente variam de acordo com 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 implantado em campo, no Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (latitude 21°13'36,47" sul; longitude de 44°57'40,35" oeste e altitude média de 975m), em Lavras, sul de Minas Gerais. O clima regional, segundo a classificação de Köppen, é classificado como Cwa, caracterizado por seca no período de abril a setembro e chuvas no período de outubro a março.

A implantação dos cafeeiros foi feita no dia 21 de janeiro de 2016, com mudas de café arábica do grupo Mundo Novo 'IAC 379-19' no espaçamento de 3,6 metros na entrelinha e 0,75 metros entre plantas. A fertilidade da área experimental referente aos anos de 2019 e 2020 está descrita na Tabela 1:

Tabela 1 – Análise química e física do solo em profundidade de 0-20 cm da área experimental nos anos de 2019 e 2020.

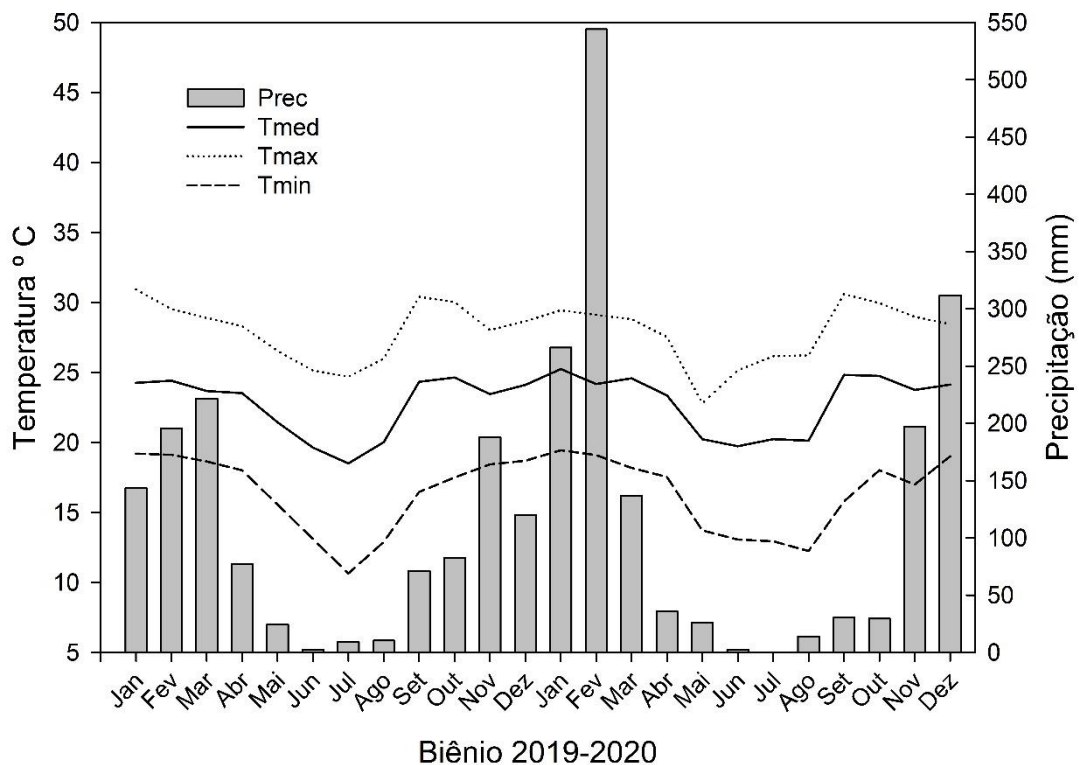
Ano	pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H+Al)	SB	(t)	(T)
	(H <sub>2</sub> O)	(mg dm <sup>-3</sup> )	----- (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) -----							
2019	5,4	29,4	175,6	2,5	0,7	0,6	3,8	3,7	4,2	7,4
2020	5,2	19,6	143,4	2,3	0,5	0,3	4,7	3,2	3,5	7,9
Ano	V	m	M.O.	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
	(%)	(dag kg <sup>-1</sup> )	(mg L <sup>1</sup> )	----- (mg dm <sup>-3</sup> ) -----						
2019	49,9	16,1	2,6	23,5	4,3	103	26,7	2,3	0,3	52,7
2020	41,6	12,4	2,6	17,1	2,7	58,3	15,0	2,1	0,2	94,9
Classificação do solo	Argila			Silte			Areia			
	----- (dag kg <sup>-1</sup> ) -----									
Textura Argilosa	44			9			47			

Análise realizada no Laboratório de Análise de Solos da 3rlab. Granulometria – Método pipeta adaptado. Peneira Mesh (0,22 mm). pH em água, KCl e CaCl<sub>2</sub> - relação 1:2,5. Ca - Mg - Al - Extrator: KCl - 1 mol L<sup>-1</sup>; P - K - Extrator Mehlich 1; SB = Soma de bases; t = capacidade efetiva de troca de cátions; T = capacidade de troca de cátions; índice de saturação por bases; m = índice de saturação de alumínio; Matéria orgânica (MO); Prem = Fósforo remanescente. \* Conforme a capacidade de retenção de água: 3 – Argiloso.

Fonte: Da autora (2021).

Os registros mensais de temperatura mínima, média e máxima, e precipitação pluviométrica foram disponibilizados pela Estação Meteorológica do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA) como apresentados na Figura 1.

Figura 1 - Representação gráfica das variáveis climatológicas registradas, mensalmente, referente ao intervalo de janeiro de 2019 a dezembro de 2020.



Fonte: Da autora (2021)

### 3.1. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o em blocos ao acaso com três repetições. Os fatores em estudo foram dispostos em esquema fatorial  $3 \times 2 \times 5$ , perfazendo no total 30 tratamentos na área experimental em parcelas sub-subdivididas.

Foram casualizados três manejos do solo (filme de polietileno, capim braquiária em manejo ecológico e vegetação espontânea como tratamento controle) nas parcelas. Nas subparcelas, foram aplicados dois tipos de fertilizantes (convencional e de liberação controlada). Nas sub-subparcelas, foram utilizados os quatro condicionadores de solo (casca de café, gesso agrícola, polímero hidrorretentor, composto orgânico) e a testemunha sem nenhum desses condicionadores.

As unidades experimentais foram compostas por seis plantas em cada, e foram consideradas úteis as quatro centrais. Entre as linhas de tratamento, utilizou-se uma linha de bordadura, a fim de se evitar interferência entre tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2: Descrição dos tratamentos experimentais. UFLA, Lavras – MG, 2016.

Trat	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		Liberação controlada	Casca de café
T7			Gesso agrícola
T8			Polímero hidrorretentor
T9			Composto orgânico
T10			Testemunha
T11	Capim Braquiária	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	Vegetação espontânea	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: Da autora (2021).

O controle de plantas daninhas nos tratamentos de manejo convencional com solo exposto (MCE) foi feito por meio de roçadas nas entrelinhas, capinas e também com aplicação de herbicidas pré-emergentes e em pós-emergência na linha, mantendo sempre livre de plantas espontâneas. Já no tratamento com manejo ecológico da braquiária (MEB) foi utilizado o capim braquiária da espécie *Urochloa decumbens*, semeado a lanço, com 10 kg ha<sup>-1</sup> de sementes em uma faixa de 1,60 m na entrelinha do cafeeiro, mantendo a distância de 1,00 m das linhas de plantio. Seu manejo foi com roçadora acoplada ao trator e os cortes foram feitos antes do florescimento. Após o corte, a biomassa obtida da braquiária foi posicionada na linha de plantio sob a copa dos cafeeiros por meio de rastelos. Na linha de plantio, o controle de plantas espontâneas foi realizado com capina e herbicidas pré-emergentes, de acordo com os intervalos de controle e com o crescimento das plantas. Na cobertura com filme de polietileno (CFP), o

filme de material de dupla face (preta e branca) foi colocado manualmente, com a face branca voltada para cima, ao longo da linha de plantio, com 1,60 metros de largura.

Em relação aos fertilizantes, nos convencionais utilizou-se o formulado NPK 20-00-20, com complemento de ureia convencional (45% N) quando necessário. As aplicações foram divididas em 3 parcelamentos, com início em outubro e intervalos de 40 dias entre elas. No caso dos fertilizantes de liberação controlada (FLC), foi utilizado o insumo “Polyblen montanha”, na formulação NPK 39-00-00, com aplicação única no final de outubro. Nos dois tipos de fertilizantes, o cálculo para recomendação da quantidade a ser utilizada foi em função da interpretação da análise de solo, e segundo os valores adequados da recomendação específica para o estado de Minas Gerais (GUIMARÃES, et al. 1999).

No caso dos condicionadores, o polímero hidrorretentor de água foi aplicado no momento da implantação. Para isso, foi preparada uma solução na proporção de 1,5 kg do produto em 400 litros de água e deixada em descanso por 30 minutos para hidratação completa. Após, usaram-se 1,5 litros da solução em cada cova de plantio, incorporando o polímero ao solo (PIEVE et al., 2013).

O gesso agrícola (18% Ca e 15% S) foi aplicado no primeiro ano em cobertura, conforme recomendação de Guimarães et al. (1999), seguindo os resultados da análise de solo de 20 a 40 cm de profundidade. A dose recomendada foi de 300g.m<sup>-2</sup>, sendo aplicada metade da dose em cada lado da linha de plantio. Nos anos seguintes, a mesma dose de gesso foi utilizada.

A aplicação do composto orgânico e da casca de café, seguiu as recomendações de Guimarães et al., (1999) utilizando 10 litros por planta, aplicados sob as copas dos cafeeiros, em cobertura, ao final de cada ano. O composto orgânico usado foi um produto comercial, contendo resíduos de fazendas e de granjas de produção de aves. A casca de café usada foi obtida pelo beneficiamento do café em coco (exocarpo, mesocarpo e endocarpo dos frutos). Já a testemunha, não recebeu condicionador de solo, sendo influenciada somente pelos fatores fertilizante e manejo.



### 3.2 Crescimento de plantas

Avaliou-se o crescimento vegetativo das plantas de cafeeiro nos meses de março, agosto e novembro de 2019, março e agosto de 2020. Foram analisadas as características:

- a) Altura de plantas: medida do colo das plantas até a gema apical do ramo ortotrópico, por meio de régua graduada (cm);
- b) Diâmetro de copa: medida na região do terço inferior da copa do cafeeiro, compreendendo toda a extensão dos ramos plagiotrópicos dos dois lados da planta por meio de régua graduada (cm);
- c) Diâmetro do caule: medida na região do colo das plantas, por meio de um paquímetro eletrônico digital (mm).

### 3.3 Análises estatísticas

Os resíduos dos dados foram submetidos às pressuposições da ANOVA, verificando-se a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e a homocedasticidade pelo teste Bartlett. Logo depois, realizou-se a análise de variância com a significância das fontes de variação verificada pelo teste F. Os dados foram submetidos a análise de regressão, utilizando modelos matemáticos com lógica biológica e altos valores de coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Esses procedimentos estatísticos foram realizados por meio do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2015) e os gráficos plotados pelo Sigmaplot (SYSTAT SOFTWARE Inc, 2008).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cobertura do solo proporcionou valores significativos para altura das plantas ( $p < 0,05$ ), com o crescimento seguindo modelo linear conforme o avanço dos dias. O tratamento com manejo ecológico da braquiária - MEB foi superior aos demais, seguido pelo tratamento com manejo convencional com solo exposto - MCE e por último o de manejo com cobertura por filme de polietileno - CFP.

Ao avaliar o crescimento das plantas em manejo convencional com solo exposto, percebe-se que a inclinação da reta traçada com os valores das avaliações foi maior no período considerado, crescendo 2,1 cm a cada 30 dias, enquanto as plantas dos tratamentos MEB e CFP cresceram 1,5cm e 1,2cm por cada 30 dias respectivamente. É importante observar que os dados obtidos no presente trabalho podem ter sido influenciados pela bienalidade de produtividade

entre as plantas dos diferentes tratamentos, como no caso da recuperação mais rápida em altura das plantas do manejo MCE no período estudado (FIGURA 2A).

A diferença entre os tratamentos de MEB e CFP se manteve praticamente constante ao longo dos dias avaliados, variando entre 7 e 11% (FIGURA 2A). É importante ressaltar que as avaliações foram realizadas em cinco épocas diferentes, nos meses de março, agosto e novembro de 2019, e março e agosto de 2020, doravante denominados 1, 137, 251, 353 e 512 dias após avaliação (DAA), respectivamente. As avaliações durante os períodos de maior precipitação pluviométrica e temperaturas elevadas, apresentaram maior taxa de crescimento do que as observadas nos períodos de menor precipitação pluviométrica e temperaturas mais amenas.

Uma possível explicação para o desempenho superior das plantas que receberam o manejo ecológico da braquiária é que o enraizamento profundo da planta de cobertura nas entrelinhas, com capacidade de recuperar nutrientes em camadas mais profundas do solo, pode ter ciclado nutrientes pela deposição do material ceifado (ROSOLEM et al., 2017).

Nesse mesmo sentido, a *Urochloa* pode agregar 100, 130, 15, 40 e 25 kg ha<sup>-1</sup> de N, K, P, Ca e Mg, respectivamente, fornecendo esses nutrientes para as plantas pelos processos de decomposição/ mineralização ou imobilizado no solo, sobretudo em culturas perenes, visto que o corte pode coincidir com a fase de alta demanda das plantas (BAPTISTELLA et al., 2020).

Ragassi; Pedrosa; Favarin, (2013), observaram diferentes benefícios advindos do sistema de manejo ecológico da braquiária, nas entrelinhas da lavoura de café. Concluíram que esse manejo favorece o crescimento de cafeeiros em formação e em produção, principalmente, por preservar a umidade, reduzir as oscilações da temperatura do solo e alocar os nutrientes da entrelinha para a linha de plantio, onde se concentra o sistema radicular. Além disso, de acordo com Voltolini et. al. (2020) o manejo ecológico do capim-braquiária também pode aumentar do pH do solo.

Outros fatores que podem ter contribuído para o maior crescimento das plantas, é pela melhoria dos atributos físicos do solo com o manejo ecológico da braquiária, melhorando a estrutura e a capacidade de armazenar água do solo, aumentando assim a disponibilidade de recursos hídricos para o crescimento e desenvolvimento das plantas (ROCHA et al., 2014). Assim, a presença do capim-braquiária nas entrelinhas do café pode ter atenuado os efeitos negativos sobre a dinâmica da água no solo, aumentando a infiltração e condutividade hidráulica, e permitindo a drenagem interna do solo (SILVA et. al. 2021).

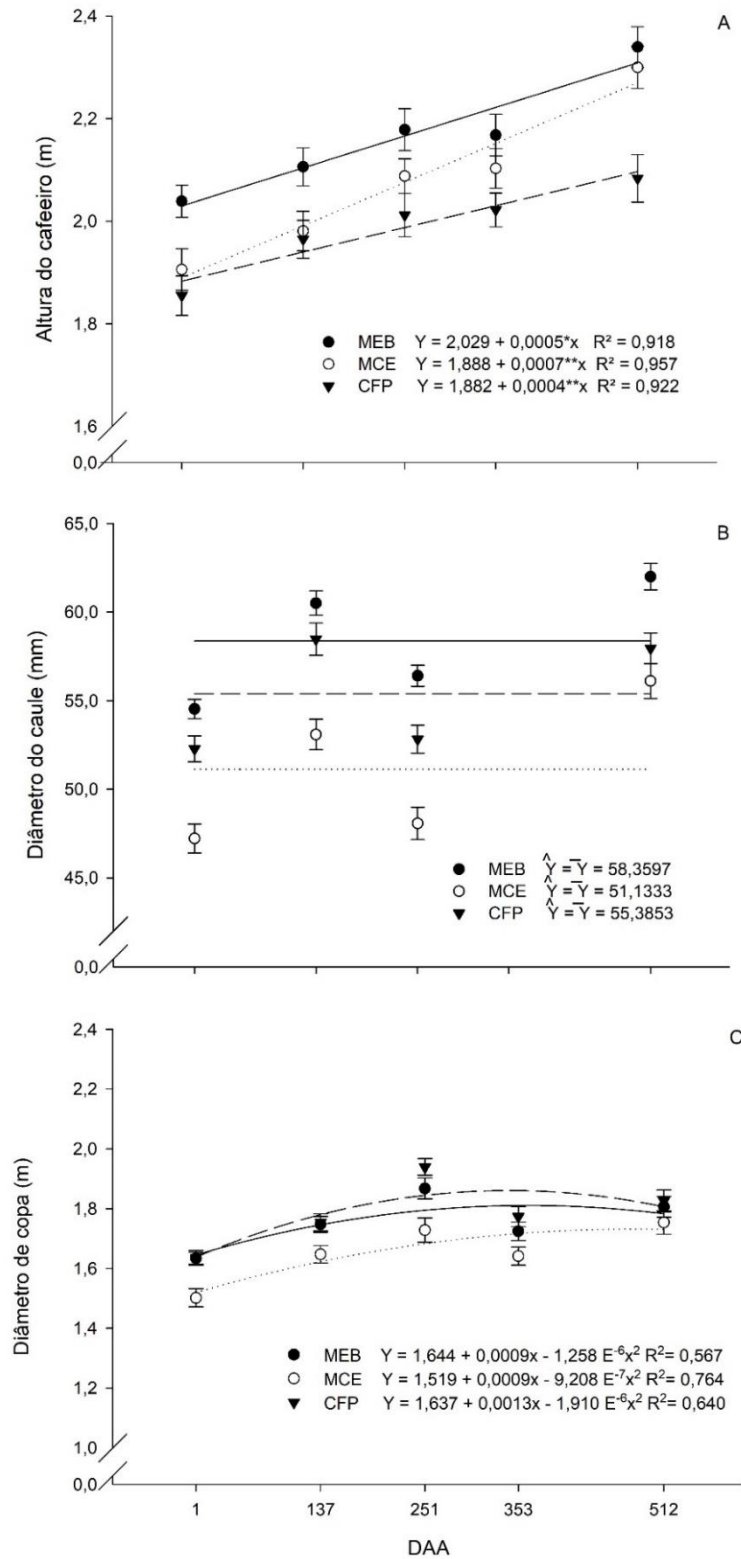
A análise do diâmetro do caule das plantas não apresentou efeito significativo em função dos DAA ( $p > 0,05$ ) para nenhuma das variáveis estudadas (FIGURA 2B). Porém, VOLTOLINI et al. (2019), trabalhando nesta mesma área experimental observaram maior diâmetro de caule das plantas dos tratamentos com cobertura de filme de polietileno ou com o capim braquiária diante daqueles sem cobertura, apenas com vegetação espontânea. Esses mesmos autores também observaram superioridade no diâmetro de caule das plantas que receberam os fertilizantes de liberação controlada quando comparadas às plantas adubadas com os fertilizantes convencionais. Contudo, Voltolini et al. (2019), avaliaram as plantas quando a lavoura ainda estava em período de formação, com maiores incrementos no diâmetro de caule.

Outros trabalhos encontrados na literatura apresentaram resultados com maior diâmetro do caule das plantas que receberam resíduos de braquiária quando comparadas àquelas sem o manejo ecológico da braquiária (PEDROSA et al. ,2014) ou ainda que não tenham verificado diferença no diâmetro de caule avaliando os dois tipos de fertilizantes (convencional e FLC) (CHAGAS et al. ,2019).

A cobertura do solo influenciou o diâmetro da copa das plantas (FIGURA 2C) que apresentaram comportamento quadrático, sendo que os tratamentos com as coberturas MEB e CFP foram superiores ao MCE. O MCE foi 6,25% inferior aos demais na primeira data avaliada, sendo que aos 251 DAA houve a maior diferença (10,8%) em relação às plantas do manejo CFP. Visto que os 251 DAA refere-se ao mês de novembro de 2019, pode-se dizer que o tratamento MCE teve menor resposta ao retorno das chuvas quando comparado aos demais tratamentos, que pode ser devido ao menor crescimento do sistema radicular das plantas do manejo MCE durante o período de maior déficit hídrico.

Assim, o maior crescimento do diâmetro de copa das plantas dos tratamentos com cobertura do solo pode estar associado a maior retenção de água. Isso pois, o filme de polietileno forma uma barreira física sobre o solo e reduz a perda de água por evaporação, e assim, mantendo a umidade do solo por períodos maiores (SILVA, 2002). Barbosa (2015) também observou maior crescimento de cafeeiros, associando a melhor utilização dos recursos hídricos pelas plantas com o uso do filme plástico.

Figura 2 - Representação gráfica da altura (A), diâmetro de caule (B) e diâmetro de copa (C) de cafeeiros cultivados sob três tipos de cobertura de solo (Capim braquiária, Filme de polietileno e vegetação espontânea) avaliados ao longo de 512 dias.



Fonte: Da autora (2021)

O tipo de condicionador do solo interferiu na altura das plantas com valores significativos ( $p < 0,05$ ), sendo que o crescimento seguiu modelo linear conforme o avanço dos dias, com o tratamento CC sendo superior aos demais (FIGURA 3A).

À exemplo da comparação feita entre os manejos (FIGURA 2B), também quando se comparou os efeitos dos diferentes condicionadores de solo (FIGURA 3B), não foram encontradas diferenças significativas, possivelmente devido as avaliações terem sido realizadas depois do período de formação da lavoura, quando os incrementos em diâmetro de caule são menores.

Já na avaliação do diâmetro de copa, observou-se comportamento quadrático, sendo o tratamento com composto orgânico - CO superior aos demais (FIGURA 3C), apresentando a maior diferença aos 512 dias, com a média de crescimento 8,5% superior às plantas do tratamento com polímero hidrorretentor - PH onde foram observadas as menores médias de crescimento. O condicionador de solo que mais se aproximou na contribuição com o diâmetro de copa das plantas foi a casca de café - CC.

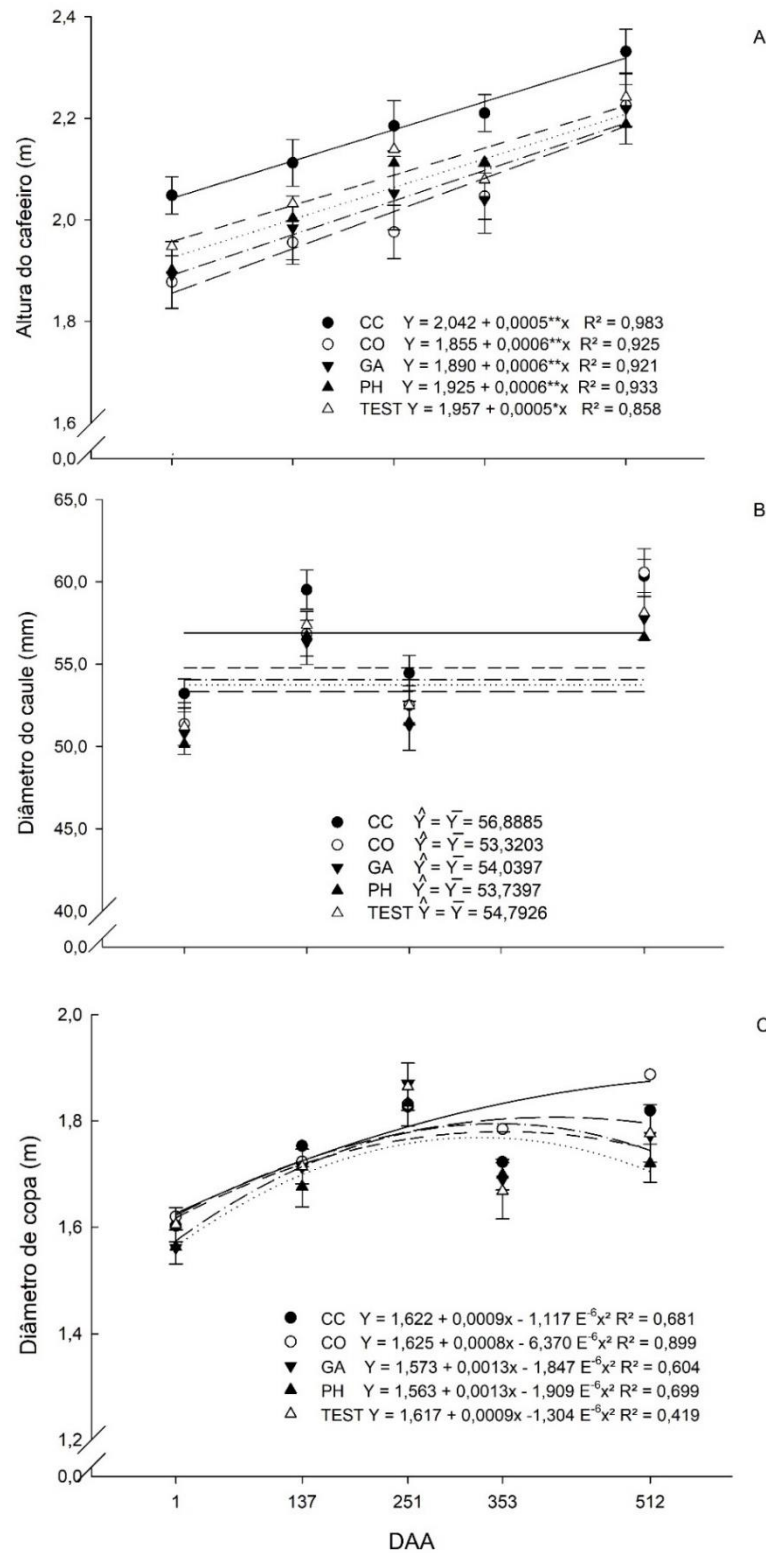
Moura et. al. (2009) concluíram que a aplicação de resíduos orgânicos em superfície, reduz as perdas de umidade e possibilita a menor compactação do solo, o que pode estar relacionado ao maior crescimento e desenvolvimento das plantas. Também Voltolini et. al. (2020), trabalhando na mesma área do presente trabalho, concluíram que o uso de composto orgânico ou casca de café possibilita o aumento do pH do solo e da porcentagem de saturação por bases do solo (V%), além de reduzir a saturação de alumínio o que favorece o desenvolvimento do sistema radicular. Nesse mesmo sentido, a casca de café como condicionador do solo pode proporcionar ganhos as plantas de cafeeiros, por elevar os teores nutricionais do solo, especialmente de potássio. Assim como o composto orgânico pode melhorar os níveis de cálcio, fosforo e magnésio do solo.

Vallone et. al. (2004), trabalhando com polímero hidrorretentor na formação de mudas de cafeeiro em tubetes, observou que a utilização do hidrogel teve efeito negativo nos fatores avaliados, porém as condições de viveiro são diferentes (irrigações constantes) da condição da lavoura de sequeiro.

Mendonça et al. (2002) também avaliaram o efeito de diferentes doses de polímero hidrorretentor na produção de mudas de café, e para a cv. Rubi, a dose do polímero não exerceu nenhum efeito sobre as variáveis analisadas. Outro trabalho sem efeitos positivos do polímero hidrorretentor foi conduzido por Oliveira et al., (2015), em que as plantas tratadas com polímero

também tiveram o mesmo resultado de desenvolvimento das plantas cultivadas sem o polímero hidrorretentor.

Figura 3 - Representação gráfica da altura (A), diâmetro de caule (B) e diâmetro de copa (C) de cafeeiros cultivados sob cinco tipos de condicionadores (Casca de café, Composto Orgânico, Gesso Agrícola, Polímero Hidrorretentor e Testemunha) avaliados ao longo de 512 dias.



Fonte: Da autora (2021)

Observou-se efeitos significativos dos tipos de fertilizantes na altura das plantas ( $p < 0,05$ ), com o crescimento seguindo modelo linear conforme o avanço dos dias (FIGURA 4A). À exemplo da comparação feita entre os manejos (FIGURA 2B), e condicionadores de solo (FIGURA 3B), também na comparação das plantas que receberam fertilizantes de liberação controlada e convencional (FIGURA 4B), não foram encontradas diferenças significativas no diâmetro do caule, possivelmente devido as avaliações terem sido realizadas depois do período de formação da lavoura, quando os incrementos em diâmetro de caule são menores.

Na comparação entre o diâmetro de copa das plantas que receberam fertilizantes de liberação lenta e convencional, observou-se comportamento quadrático. Em todas as avaliações realizadas ao longo do tempo, as plantas do tratamento com fertilizante de liberação controlada - FLC apresentaram maior diâmetro de copa que as do tratamento convencional (FIGURA 4C).

Marques et. al. (2013) também observaram maior desenvolvimento morfológico em plantas café com a utilização de fertilizante de liberação controlada em comparação ao fertilizante convencional. Da mesma forma, Chagas et al. (2019) identificaram maiores valores de altura das plantas de cafeeiro com aplicação de fertilizantes de eficiência aumentada, além da maior eficiência agrônômica e aumento da taxa fotossintética e do índice de clorofila em mudas de café.

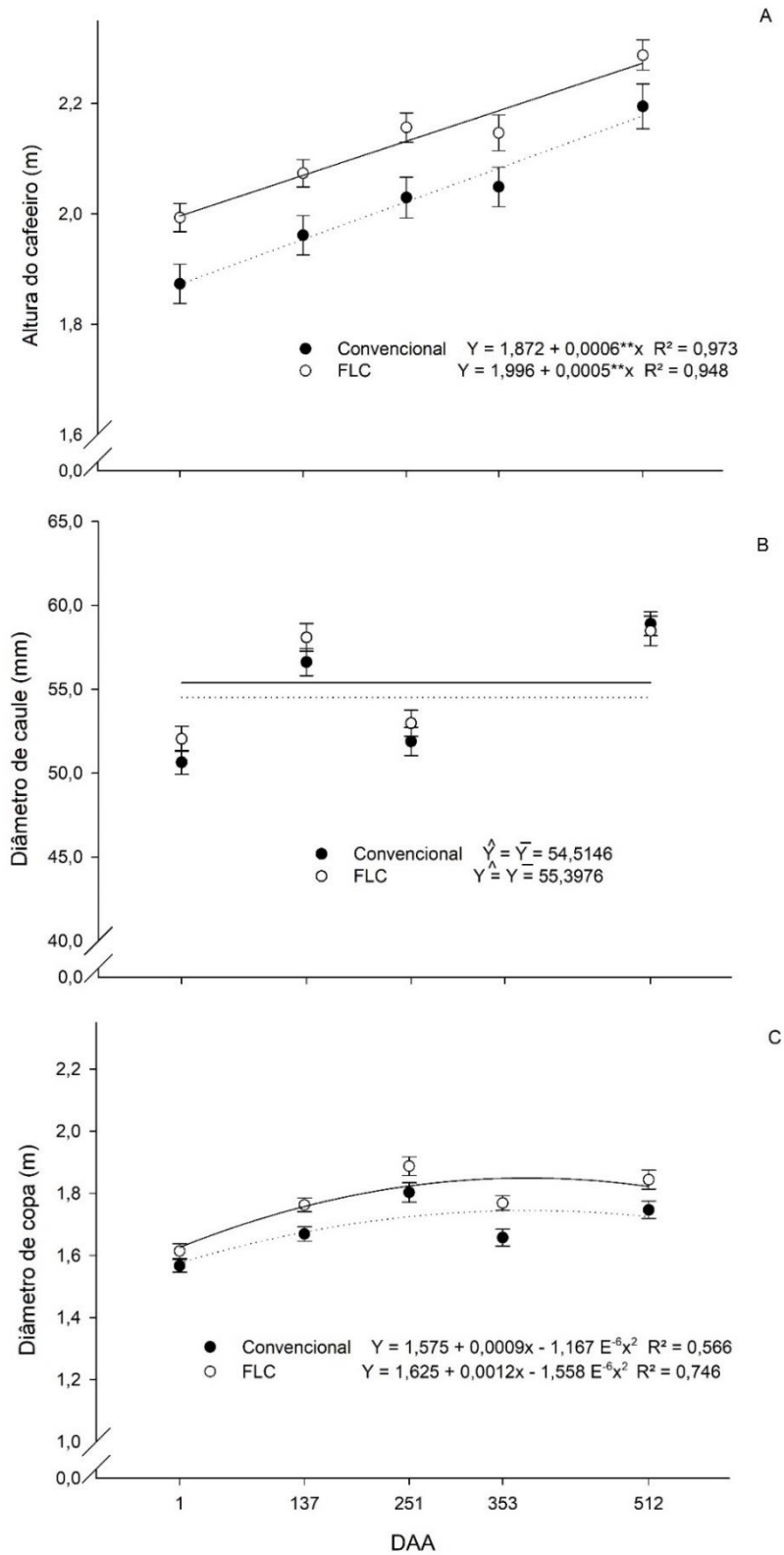
O maior crescimento em diâmetro de copa das plantas que receberam fertilizantes de liberação lenta pode ser explicado, possivelmente pelo fornecimento de nutrientes em quantidades adequadas para crescer e se desenvolver (COELHO et al., 2009), além da redução de perdas de N por volatilização, melhorando o aproveitamento de nitrogênio pelas plantas (PENG et al., 2015).

Plantas sob estresses abióticos produzem espécies reativas de oxigênio (EROs) que podem acumular e danificar os componentes celulares. Todavia, as plantas possuem defesas, por meio da produção de antioxidantes que mantem o estado de equilíbrio, dessa forma, mantendo o EROs em níveis adequados as plantas conseguem regular vários processos essenciais, como desenvolvimento e crescimento, ocorrendo a situação inversa em casos de excesso de EROs (HASANUZZAMAN et al. 2020). Diante disso, a produção dos antioxidantes tem custo energético, dependendo de condições nutricionais adequadas para não interferir no crescimento e desenvolvimento vegetal.



Além disso, a nutrição das plantas influencia também em outros diversos processos metabólicos das plantas e em sua resistência a pragas e doenças (MARSCHNER, 2012). Dessa forma, devido à redução de perdas de nutrientes nas adubações com fertilizantes de liberação controlada, e melhor aproveitamento dos mesmos pelas plantas (DOMINGHETTI, et al., 2016), e também pela liberação gradual dos nutrientes proporcionarem melhor ajuste entre a disponibilidade e demanda das plantas, garantindo o suprimento de N durante o ciclo do cafeeiro (TRENKEL, 2010).

Figura 4 - Representação gráfica da altura (A), diâmetro de caule (B) e diâmetro de copa (C) de cafeeiros cultivados sob dois tipos de fertilizantes (Fertilizante Convencional e Fertilizante de Liberação Controlada) avaliados ao longo de 512 dias.



Fonte: Da autora (2021)

## 5 CONCLUSÃO

1. O manejo ecológico da braquiária (MEB) promoveu maior crescimento das plantas.
2. O uso de composto orgânico e da casca de café possibilitam maior crescimento dos cafeeiros, em relação a outros condicionadores de solo testados no presente trabalho.
3. Fertilizantes de eficiência aumentada proporcionam maior crescimento das plantas em relação ao uso de fertilizantes convencionais em lavouras de café.
4. As técnicas agronômicas foram eficazes para atenuar a deficiência hídrica e proporcionam maior crescimento de plantas de cafeeiro, sendo necessárias para uma cafeicultura mais sustentável.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN RG; PEREIRA LS; RAES D; SMITH M. **Evapotranspiração de culturas: diretrizes para o cálculo das necessidades de água das culturas**. Roma: FAO. 328p. (Irrigation and Drainage Paper, 56), 1998.
- ALTIERI, M. A; SILVA, N. E; NICHOLLS, C. I. **O papel da biodiversidade no manejo de pragas**. Ribeirão Preto: Holos, p. 226, 2003.
- ARAUJO, G. L. et al. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares de café Conilon. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 115-124, 2011.
- 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.
- BAPTISTELLA, J. L. C.; ANDRADE, S. A. L., FAVARIN, J. L.; MAZZAFERA, P. Urochloa in Tropical Agroecosystems. **Front. Sustain. Food Syst**, v. 4, n. 119, 2020.
- BARBOSA, S.M. **Condicionamento físico hídrico do solo como potencializador do crescimento inicial do cafeeiro**. 2015. 67 p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.
- BETTIOL, W.; GHINI, R. **Proteção de plantas em sistemas agrícolas alternativos**. In: CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W. Métodos alternativos de controle fitossanitário. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. p.80-96.
- CONAB- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira - Café: quarto levantamento. Observatório Agrícola**, Brasília, v. 6, n. 4, p. 1-45, 2020.
- CARNEIRO, R.G. et al. 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.
- CARVALHO, H. P. et al. Balanço hídrico climatológico, armazenamento efetivo da água no solo e transpiração na cultura de café. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 221-229, 2011.

- CHAGAS, W. F. T.; GUELFY-SILVA, D. R.; LACERDA, J. R.; PINTO, L. C.; ANDRADE, A. B.; FAQUIN, V. Nitrogen fertilizers technologies for coffee plants. **Coffee Science**, v. 14, n. 1, p. 55-66, 2019.
- COELHO, G. et al. Efeito de épocas de irrigação e de parcelamento de adubação sobre a produtividade do cafeeiro ‘Catuai’. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 67-73, 2009.
- COSTA, E.M.; SILVA, H.F.; RIBEIRO, P.R.A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.17, p. 1842-1860, 2013.
- DOMINGHETTI, A. W. **Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e convencionais na cultura do cafeeiro**. 2016. 144 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.
- DE GONÇALVES MORAES, J. L., 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.
- FERREIRA, A.G.; BORBA, S.N.S.; WIZNIEWSKY, J.G. **A prática da compostagem para a adubação orgânica pelos agricultores familiares de Santa Rosa/RS**. Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM, p. 307-317. 2013.
- FREITAS, T. **Fertilizantes nitrogenados convencionais, estabilizados, de liberação lenta ou controlada na cultura do cafeeiro: eficiência e custos**. 2017. 97 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.
- GUELFY, D. Fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada. **Informações Agronômicas**, n. 157, p. 1-14, 2017.
- GUIMARÃES, P. T. G. et al. 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.
- HASANUZZAMAN, M.; BORHANNUDDIN, B. M. H. M.; ZULFIQAR, F.; RAZA, A.; MOHSIN, S. M.; MAHMUD, J. A.; FUJITA, M.; FOTOPOULOS, V. Reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under abiotic stress: revisiting the crucial role of a universal defense regulator. **Antioxidants**, v. 9, p. 681, 2020.
- IKEDA, F. S.; VICTORIA FILHO, R.; VILELA, L.; MARCHI, G.; CAVALIERI, S.; SILVA, A. A. Emergência e crescimento inicial de cultivares de *Urochloa* em diferentes profundidades de semeadura. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 71-78, 2013.
- IPCC (2021) **AR6 climate change 2021: impacts, adaptation and vulnerability** - IPCC. Disponível em: IPCC <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/>. Acesso em 18 de setembro de 2021.
- KADER, M. A. et al. Recent advances in mulching materials and methods for modifying soil environment. **Soil & Tillage Research**, v. 168, n. 4, p. 155-166, 2017.
- KÄMPF, A.N. **Seleção de materiais para uso como substrato**. In: KÄMPF, A.N.; FERMINO, M.H. Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes. Porto Alegre: Genesis, 1999. p.139-145.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3.ed London: Elsevier, 2012. 643 p.

- MARQUES, H. M. C. et al. Desenvolvimento inicial do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), com doses de co-polímero hidroabsorvente em adubação convencional e de liberação controlada. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 2994-3002, 2013
- MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R. A.; FERNANDES, D. R. **Cultura do café no Brasil**: manual de recomendações, Varginha: Fundação Procafé, 2016. 542 p.
- MENDONÇA, F.C.; TEODORO, R.E.F.; LIMA, L.M.L. de; FERNANDES, D.L.; ALMEIDA, F.G. de; CUNHA, A.A. da. Produção de mudas de café (*Coffea arabica* L.) cv. Rubi, em tubetes com polímero hidroabsorvente adicionado ao substrato. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA DA CAFEICULTURA IRRIGADA, 5, 2002. Araguari. **Resumos expandidos**. Uberlândia: UFU, 2002. p.177-180.
- MOURA, E. G. et al. Patents on periphery of the Amazon rainforest. **Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture, Sharjah**, v. 1, n. 2, p. 142-149, 2009.
- MURTHY, P. S.; NAIDU, M. M. Resources, Conservation and Recycling Sustainable management of coffee industry by-products and value addition — A review. “**Resources, Conservation & Recycling**”, v. 66, p. 45–58, 2012.
- OLIVEIRA, L.J.C. de. **Mudanças climáticas e seus impactos na produtividade das culturas do feijão e do milho no Estado de Minas Gerais**. 2007. 67p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- OLIVEIRA, L.P.V., et al. Planting season and hydro retainer polymer on initial growth coffee. **Coffee Science**, 10 (4), p. 507-515, 2015.
- OTTO, R; CANTARELLA, H.; GUELFY, D.; CARVALHO, M. C. S. Nitrogênio na sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Informações Agronômicas Npct**, Piracicaba - Sp, v. 9, n. 2311-5904, p. 30-50, 2021.
- PARTELLI, F. L. et al. Aspectos fitossociológicos e manejo de plantas espontâneas utilizando espécies de cobertura em cafeeiro Conilon orgânico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 605-618, 2010.
- PAULETTI, V.; PIERRI, L.; RANZAN, T.; BARTH, G.; MOTTA, A. C. V. EFEITOS EM LONGO PRAZO DA APLICAÇÃO DE GESSO E CALCÁRIO NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 495-505, 2014.
- PEDROSA, A. W. et al. Resíduo de Brachiaria fertilizada com nitrogênio na adubação do cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 3, p. 366-373, 2014.
- PELOSO, A. F.; TATAGIBA, S. D.; AMARAL, J. F. T. Limitações do crescimento vegetativo em cafeeiro arábica promovido pelo déficit hídrico. **Revista engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 139-147, 2017.
- PENG, X. et al. A Laboratory Evaluation of Ammonia Volatilization and Nitrate Leaching following Nitrogen Fertilizer Application on a Coarse-Textured Soil. **Agronomy Journal**, Madison, v. 107, n. 3, p. 871-879, 2015.
- 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.; BALENA, S. O. Efeitos de polímeros hidro retentores nas propriedades físico-hídricas de dois meios porosos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 2, p. 251-258, 2000.

- R Core Team. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2015. <https://www.R-project.org/>.
- 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.
- 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**, 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.
- SÁ JÚNIOR, A. de et al. Application of the Koppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, v. 108, n. 1-2, p. 1-7, 2012.
- ROSOLEM, C. A.; RITZ, K.; CANTARELLA, H.; GALDOS, M. V.; HAWKESFORD, M. J.; WHALLEY, W. R.; MOONEY, S. J. Enhanced Plant Rooting and Crop System Management for Improved N Use Efficiency. **Advances In Agronomy**, v. 146, p. 205-239, 2017.
- SAMANTA, S.; SINGH, A.; ROYCHOUDHURY, A. Involvement of sulfúrum in the regulation of abiotic stress tolerance in plants. In: ROYCHOUDHURY, A.; TRIPATHI, D. K. (Ed). **Protective chemical agents in the amelioration of plant abiotic stress: Biochemical and molecular perspectives**. India: Wiley-Blackwell, 2020. P. 437-466.
- SANTOS, I. S. et al. Economia de água na irrigação do coqueiro em função de áreas de maior concentração do sistema radicular e cobertura do solo. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 3, n. 3, p. 105-113, 2008.
- SANTOS, J. C. F. et al. Influência alelopática das coberturas mortas de casca de café (*Coffea arabica* L.) e casca de arroz (*Oryza sativa* L.) sobre o controle do caruru-de-mancha (*Amaranthus viridis* L.) em lavoura de café. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 5, p. 1105-1118, 2001.
- SANTOS, H.P.; REIS, E.M. **Rotação de culturas em plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 212 p.
- SHEMEKITE, F. et al. Coffee husk composting: An investigation of the process using molecular and non-molecular tools. **Waste Management**, v. 34, n. 3, p. 642–652, 2014.
- SILVA, M. C. C. **Crescimento, produtividade e qualidade de frutos do meloeiro sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e cobertura do solo**. 2002. 65 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró, 2002.
- SILVA, R. F.; SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; BARBOSA, S. M.; PEIXOTO, D. S.; TASSINARI, D.; SILVA, B. M.; SILVA, S. H. G.; DIAS JÚNIOR, M. S.; FIGUEIREDO, T. D. F. R. Changes in soil profile hydraulic properties and porosity as affected by deep tillage soil preparation and Brachiaria grass intercropping in a recent coffee plantation on a naturally dense Inceptisol. **Soil And Tillage Research**, v. 213, p. 105127, 2021.
- SOUZA, L. S. et al. Efeitos das faixas de controle do capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) no desenvolvimento inicial e na produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 715-720, 2006.

SYSTAT SOFTWARE Inc. - SSI. Sigmaplot for Windows, version 11.0. 2008. Disponível em: <http://www.systat.com/products/sigmaplot/>. Acesso em: 13 de julho de 2021.

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.

TIMILSENA, Y.P. et al. Enhanced efficiency fertilizers: a review of formulation and nutrient release patterns. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, p. 1131- 1142, 2014.

VALLONE, H.S.; GUIMARÃES, R.J.; SOUZA, C.A.S.; CARVALHO, J.A.; FERREIRA, R.S.; OLIVEIRA, S.; Substituição do substrato comercial por casca de arroz carbonizada para produção de mudas de cafeeiro em tubetes na presença de polímero hidrorretentor. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.3, p.593-599, 2004.

VITTI, G. C.; OTTO, R.; SAVIERO, J.; LIMA, E.; SANTOS, L. A. Enxofre. In: FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS, L. A. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: SBCS, 2018. p. 429-464.

VOLTOLINI, G. B.; SILVA, L. C.; ALECRIM, A. O.; CASTANHEIRA, D. T.; RESENDE, L. S.; REZENDE, T. T.; GUIMARÃES, R. J. Soil chemical attributes in coffee growing with different agronomic techniques. **Coffee Science**, v. 15, p. 1-11, 2020.

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.

WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para uso. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília: Embrapa, 2014. v. 1, p. 59-168.