

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

GABRIEL RODRIGUES QUERINO

BIOMASSA DE PLANTAS DE COBERTURA E SUA INFLUÊNCIA NA
PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO

Monte Carmelo
2024

GABRIEL RODRIGUES QUERINO

BIOMASSA DE PLANTAS DE COBERTURA E SUA INFLUÊNCIA NA
PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Agronomia, da
Universidade Federal de Uberlândia,
Campus Monte Carmelo como parte dos
requisitos necessários para obtenção do
grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Gleice Aparecida
de Assis

Monte Carmelo
2024

GABRIEL RODRIGUES QUERINO

BIOMASSA DE PLANTAS DE COBERTURA E SUA INFLUÊNCIA NA
PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Agronomia, da
Universidade Federal de Uberlândia,
Campus Monte Carmelo como parte dos
requisitos necessários para obtenção do
grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Gleice Aparecida
de Assis

Monte Carmelo, 13 de março de 2024.

Banca Examinadora

Prof.^a Dr.^a Gleice Aparecida de Assis
Orientadora

Prof. Dr. Edson Aparecido dos Santos
Membro da Banca

B. Sc. Jessica Barbosa dos Santos Rodrigues
Membro da Banca

Monte Carmelo
2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida, saúde e persistência, permitindo superar todos os obstáculos para a conclusão desta jornada acadêmica.

Aos meus pais, César e Renata, e meu irmão Rafael, pelo amor incondicional, apoio e incentivo, que nunca deixaram me faltar nada e acreditaram em mim.

À minha namorada Amanda, pelo amor, carinho e companheirismo, estando sempre presente onde me acompanhou por todos os anos da graduação.

À minha orientadora Prof^ª. Dra. Gleice Aparecida de Assis por toda ajuda, conselhos pessoais e profissionais, além das oportunidades concedidas durante estes anos.

À produtora Juliana Rezende e a todos os colaboradores da Fazenda Santa Bárbara, pelo apoio em todas as etapas para a realização deste projeto.

À Jéssica Rodrigues pela coordenação e auxílio do projeto com plantas de cobertura na entrelinha do café.

Ao Núcleo de Estudos em Cafeicultura do Cerrado – NECACER, pelos três anos sendo integrante, realizando pesquisas, me proporcionando conhecimento necessário na minha área profissional e pela ajuda na conclusão deste projeto.

Ao Centro de Inteligência em Cultivos Irrigados – CinCi, pelo conhecimento adquirido na área de irrigação e na minha área profissional.

Aos meus amigos Lucas Gomes, Bruno Cota, Pedro Luca Martins e Pedro Paulo dos Reis que me auxiliaram neste e em outros projetos de campo.

A todos os professores que proporcionaram a disseminação de conhecimento e capacitação na minha área profissional.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão de bolsa de iniciação científica tecnológica (PIBITI-CNPq).

À Universidade Federal Uberlândia, Campus Monte Carmelo que me proporcionou esta formação.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 OBJETIVO	9
3 REVISÃO DE LITERATURA	10
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
6 CONCLUSÕES.....	25
REFERÊNCIAS	25

RESUMO

A cafeicultura desempenha importante papel na produção agropecuária brasileira, contribuindo significativamente com o produto interno bruto do país, além de gerar empregos e renda para milhões de pessoas. A região do cerrado mineiro, importante polo de produção, vem introduzindo tecnologias e formas de manejo mais sustentáveis, visando promover melhorias nos atributos físicos, químicos e biológicos dos solos, objetivando aumento de produtividade do cafeeiro. Neste sentido, o objetivo com a realização deste trabalho foi quantificar a produção de biomassa de plantas de cobertura na entrelinha e associar com a produtividade do cafeeiro, rendimento e classificação física dos grãos. O experimento foi realizado na Fazenda Santa Bárbara, em Monte Carmelo – MG, com a cultivar Topázio MG-1190 no espaçamento de 3,80 m entrelinhas e 0,70 m entre plantas, com sistema de irrigação por gotejamento superficial. O experimento foi conduzido em faixas, sendo cada entrelinha constituída por um tratamento com plantas de cobertura. Dentro dessas linhas foram coletados sete pontos para avaliação da produtividade e seis pontos para coleta de biomassa. Os tratamentos foram representados por arranjos com plantas de cobertura na entrelinha do cafeeiro, sendo constituídos por: (T1): mix-mix, constituído por trigo mourisco, crambe, braquiária, capim coracana, crotalária e nabo forrageiro em ambas as entrelinhas adjacentes (100%), (T2): mix-braquiária, sendo o mix de plantas de cobertura apenas na entrelinha superior (50%) e a braquiária na entrelinha inferior (50%), (T3): braquiária-braquiária em ambas as entrelinhas adjacentes (100%) e (T4): tratamento controle, sem a presença de plantas de cobertura na entrelinha do cafeeiro. Cada linha foi representada por 350 plantas de cafeeiros, sendo subdivididas em 50 plantas por parcela e 10 plantas úteis, totalizando sete repetições e 28 parcelas. A colheita do café aconteceu por meio de derriça manual no pano, em julho de 2023. Na colheita das plantas de cobertura, foi utilizado um quadrado metálico de 0,5 m x 0,5 m (0,25 m²) por parcela, no qual foi coletada a massa fresca em seis parcelas do T1 e seis parcelas do T3. Dentre as biomassas manejadas na entrelinha do cafeeiro, não ocorreram diferenças significativas nos parâmetros de produtividade, rendimento e classificação física dos grãos quanto ao tamanho e formato. Já a biomassa da braquiária foi três vezes maior em relação ao mix. Dessa maneira, não ocorreram prejuízos nos parâmetros agronômicos do cafeeiro, e levando em consideração que o consórcio com adubos verdes é benéfico, recomenda-se o uso destes na entrelinha.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea arabica* L., cobertura vegetal do solo, potencial produtivo.

ABSTRACT

Coffee growing plays an important role in Brazilian production, contributing significantly to the country's gross domestic product, as well as generating jobs and a source of income for millions of people. The cerrado mineiro region, an important production hub, has been introducing more sustainable technologies and forms of management with the aim of improving the physical, chemical and biological attributes of the soil in order to increase the productivity of the coffee plant. With this in mind, the aim of this work was to quantify the biomass production of inter-row cover crops and associate it with coffee productivity, yield and physical classification of the beans. The experiment was carried out at Fazenda Santa Bárbara, in Monte Carmelo - MG, with the Topázio MG-1190 cultivar at a spacing of 3.80 m between rows and 0.70 m between plants, with a surface drip irrigation system. The experiment was conducted in strips, with each row consisting of a cover crop treatment. Within these rows, seven points were collected to assess productivity and six points to collect biomass. The treatments were represented by different arrangements of cover plants between the rows of coffee trees, consisting of: (T1): mix-mix, consisting of buckwheat, crambe, brachiaria, coracana grass, crotalaria and turnip rape in both adjacent rows (100%), (T2): mix-brachiaria, with the mix of cover plants only in the upper row (50%) and the brachiaria in the lower row (50%), (T3): brachiaria-brachiaria in both adjacent rows (100%) and (T4): control treatment, without the presence of cover plants between the rows of coffee trees. Three hundred fifty coffee plants represented each row, subdivided into 50 plants per plot and 10 useful plants, totaling seven replications and 28 plots. The coffee was harvested by manual stripping in July 2023. The cover crops were harvested using a metal square measuring 0.5 m x 0.5 m (0.25 m²) per plot, in which the fresh mass was collected from six T1 plots and six T3 plots. Among the biomass managed between the rows of coffee trees, there were no significant differences in the parameters of productivity, yield and physical classification of the beans in terms of size and shape. The brachiaria biomass, on the other hand, was three times greater than the mix. As a result, there was no damage to agronomic parameters of the coffee tree and taking into account that intercropping with green manures is beneficial, it is recommended that they be used between the rows.

KEYWORDS: *Coffea arabica* L., soil cover, production potential.

1 INTRODUÇÃO

A cultura do cafeeiro no Brasil representa, desde a antiguidade, uma parte importante da economia, com extensas áreas de produção, o qual se tornou o maior produtor de café, representando um terço da produção mundial. Além disso, é o maior exportador e detém a segunda posição de consumidor (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Mapa, 2023), tendo no ano de 2023, até o mês de novembro, exportado 35 milhões de sacas de café (Conselho dos Exportadores de Café do Brasil – Cecafé, 2023). A produção para 2023 foi de aproximadamente 55,1 milhões de sacas beneficiadas, representando aumento de 8,2% em comparação com 2022, contudo, houve redução de área em 0,3% (Companhia Nacional de Abastecimento - Conab, 2023).

No Brasil, o estado com maior produção foi Minas Gerais, representando 52,7% da produção nacional na safra do ano de 2023, onde o café arábica ocupou 52% e o conilon apenas 0,7% (Conab, 2023). Alto Paranaíba, Noroeste de Minas e Triângulo Mineiro compõem as primeiras regiões a alcançarem a Denominação de Origem (DO) para cafés no Brasil. O Cerrado Mineiro possui particularidades de clima favoráveis ao desenvolvimento da cultura do cafeeiro, com produção de qualidade, segundo Ortega e Jesus (2011). Contudo, o Cerrado é constituído por solos de baixa fertilidade e em grande parte ácidos (Oliveira *et al.*, 2005), os quais necessitam de adequado manejo do solo. O uso de plantas de cobertura é uma alternativa, neste caso, promovendo alteração no pH, especialmente adjacente à parte superficial, aumento no teor da matéria orgânica e compostos húmicos, ciclagem de nutrientes, elevação da capacidade de troca catiônica (CTC), além de incrementar fertilidade do solo devido à ciclagem e decomposição da cobertura (Favarato *et al.*, 2015).

A cobertura morta na entrelinha do cafeeiro forma uma camada capaz de permanecer no solo ao longo do tempo, diminuindo perda de água, evitando a emergência de plantas daninhas e controlando oscilações de temperatura. O tempo que a palhada permanece na superfície é determinado pela velocidade de decomposição das plantas de cobertura. Portanto, quanto mais rápida a velocidade de decomposição, menor será a proteção do solo e isso dependerá de condições edafoclimáticas, relação entre carbono e nitrogênio e quantidade de lignina (Silveira; Stone; Ferreira, 2018).

Entre as linhas do cafeeiro, a cobertura vegetal promove vantagens como diminuição de plantas daninhas, pragas e nematoides, com elevação de produção da cultura agrícola,

atração de inimigos naturais e polinizadores (Anghinoni; Carvalho; Costa, 2013; Araújo *et al.*, 2015), desde que haja um manejo integrado, pois a interferência de plantas é um dos fatores para a baixa produtividade, promovendo desvantagens, pela competição por recursos com a lavoura, devido apresentarem eficiência e rapidez na utilização dos mesmos (Fialho *et al.*, 2011). Para isso, o mix de plantas é composto por gramíneas, que, segundo Torres *et al.* (2014) possuem biomassa alta e alta relação carbono/nitrogênio (C/N). Nas leguminosas, que apresentam maior rapidez na decomposição, devido à baixa relação C/N, observa-se muitos ganhos para atributos do solo (Fonseca, 2017).

Para o cafeicultor do cerrado, a utilização do consórcio é uma opção para ocorrer a formação de palhada e elevar o teor de matéria orgânica, devido ao clima tropical (Rodrigues *et al.*, 2012). Além disso, as espécies vegetais, ao explorarem variadas profundidades do solo, retornam os nutrientes à superfície do mesmo (Collier *et al.*, 2011) e promovem a descompactação (Oliveira *et al.*, 2016) facilitando a infiltração de água e desenvolvimento das raízes superficiais. Com o uso desta cobertura, há a mitigação de amplitudes térmicas (Carvalho, 2007).

Assim, a utilização de plantas na entrelinha do cafeeiro pode fornecer um ambiente mais equilibrado à cultura, havendo um manejo integrado, permitindo maiores resultados em produção ao longo dos anos, devido ao aumento do teor de matéria orgânica, retenção de umidade e melhoria da infiltração, evitando a perda de nutrientes por lixiviação e volatilização, devido à decomposição da biomassa das plantas e conseqüentemente, melhoria nos resultados produtivos da cultura por meio do uso do consórcio com plantas de cobertura, proporcionando ao produtor uma ferramenta para melhor desenvolvimento da lavoura.

2 OBJETIVO

Quantificar a produção de biomassa de plantas de cobertura na entrelinha e associar com a produtividade do cafeeiro, rendimento e classificação física dos grãos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

O cafeeiro tem uma característica denominada de ciclo bienal, estando relacionada à fisiologia da planta (Picini, 1998). Dessa forma, ocorre oscilações na produtividade, resultando em alta e baixa carga, devido ao direcionamento dos fotoassimilados, que em anos de elevada produção se concentram na frutificação e em baixas para o desenvolvimento vegetativo como as gemas a fim de crescer ramos. Segundo DaMatta *et al.* (2007) e Silva, Teodoro e Melo (2008), as safras de alta produtividade promovem redução na reserva metabólica, conseqüentemente, os ramos plagiotrópicos serão afetados com crescimento reduzido e a produção do próximo ano será baixa, onde mesmo a oferta de água por meio da irrigação não é capaz de reverter essa situação. Matiello *et al.* (2020) citam a competição entre desenvolvimento vegetativo e reprodutivo que resulta em desbalanceamento, pois o fruto é um dreno prioritário. Dessa forma, as plantas sofrem com seca de ramos e morte de raízes nos anos de alta produção, levando-as a um estresse, seguido do ano posterior de menor carga e crescimento.

Matiello *et al.* (2020) destacam que as plantas daninhas concorrem com os cafeeiros por água, luz e nutrientes, e quando não há um manejo para controle, ocorrem prejuízos para a lavoura, devido à menor disponibilidade de recursos. Contudo, quando há a utilização de plantas de cobertura e o correto manejo das mesmas, há vantagens para a lavoura, proporcionando ao solo melhores condições biológicas, físicas e químicas, devido à promoção de reciclagem de nutrientes, absorvendo elementos que se encontram nas camadas profundas e os disponibilizando à superfície do solo na forma de decomposição de material orgânico. Além disso, há descompactação, promovida por espécies com sistema radicular agressivo, como o nabo forrageiro. A formação de cobertura da superfície por meio da matéria morta, evita a erosão, favorecendo a infiltração de água pelos sistemas radiculares das plantas que formam pequenos canais.

Outro detalhe está no controle de daninhas na entrelinha da lavoura, por meio do uso de adubo verde, melhorando a produção do café devido à inibição de interferência dessas ervas indesejadas, que agem desfavoravelmente (Fialho *et al.*, 2010). Espíndula *et al.* (2015) exemplificam o consórcio de forrageiras como braquiárias, por ser benéfica se houver manejo adequado, devido sua competitividade e Rocha *et al.* (2016) as caracterizam por seu sistema radicular robusto favorecer a absorção de água e agregação do solo, além da

fitomassa produzida em grande quantidade. Espíndula *et al.* (2015) ainda descrevem os benefícios das leguminosas em realizar a fixação biológica de nutrientes.

O mix de cobertura, constituído de plantas com características distintas, está crescendo, promovendo benefícios, principalmente em relação à qualidade do solo (Silva *et al.*, 2021). Segundo Ziech *et al.* (2015), o uso do consórcio, sendo mix ou espécies solteiras, promove benefícios por combinar suas particularidades antagônicas. Para isso, um ponto a ser levado em consideração é a permanência desta cobertura morta na superfície, ou então, taxa de decomposição, que será em função principalmente da planta, referente à sua composição, atividade da microbiota e clima (Perin *et al.*, 2015), onde, quanto maior a relação carbono/nitrogênio (C/N), menor a taxa, permanecendo a palhada por períodos mais longos na área. Já as coberturas com menor relação C/N, por apresentarem maiores concentrações de nitrogênio, liberam nutrientes com sua decomposição mais acelerada, permanecendo por menor tempo na superfície do solo (Carvalho *et al.*, 2013).

As espécies da família Fabaceae, segundo Reatto, Cardoso e Gomes (2006) conhecidas por leguminosas, são preferidas por serem capazes de construir uma associação simbiótica com bactérias do gênero *Rhizobium*, promovendo a fixação de nitrogênio, melhorando a fertilidade do solo, pela gradativa liberação deste nutriente e também por possuírem sistema radicular que possibilita a extração de nutrientes em profundidade e por serem ramificados, promovendo reciclagem dos mesmos, com altas produções de cobertura verde e seca. Por isso, essas espécies são cultivadas durante a entressafra (de março a setembro) no bioma Cerrado, pois a próxima estação é de verão e então há a implantação de uma cultura comercial (Boer *et al.*, 2007; Nascente; Crusciol, 2014). Hickmann e Costa (2012) afirmam que a utilização de plantas de cobertura, especialmente as leguminosas, promove um aumento significativo de carbono e nitrogênio, proporcionando menor custo na área quanto ao consumo de adubos nitrogenados exigido pela cultura. Portanto, essas plantas, ao possuírem menor relação C/N, são indicadas para fornecimento de nutrientes, pelo fato de sua rápida taxa de permanência sobre o solo (Teixeira *et al.*, 2011). O gênero *Crotalaria*, segundo Silva *et al.* (2017) pela simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio proporciona melhor eficiência no aproveitamento de fertilizantes nitrogenados, aumento na qualidade do solo devido ao acúmulo de matéria orgânica e disponibilização de nutrientes. Além disso, controla nematoides de solo (Pacheco *et al.*, 2015).

Já a família Poaceae é representada por espécies com sistema radicular fasciculado, com acelerado crescimento e boa cobertura da superfície do solo, evitando a desagregação,

além de minimizar a compactação e melhorar a estrutura do solo (Reis; Lima; Pauletto, 2014). São espécies que produzem altos volumes de biomassa, com baixa taxa de decomposição (Pacheco *et al.*, 2011) e maior relação C/N (Teixeira *et al.*, 2011). A espécie *Eleusine coracana* é uma planta favorável e que está se expandindo no bioma em questão, com promoção de aumento na concentração da matéria orgânica, redução da erosão eólica e hídrica, ciclagem de nutrientes e produção de biomassa (Boer *et al.*, 2008). Sobre o gênero *Brachiaria*, Ceccon (2007) afirma que a produção de sua fitomassa é alta, com ótima cobertura, suportando temperaturas elevadas e estresses hídricos no Cerrado durante o inverno e primavera. Para o controle do nematoide que causam galhas, as braquiárias são antagonistas, sendo uma planta não hospedeira e capaz de produzir uma substância prejudicial ao crescimento dele, mas não ocorre o mesmo para o que causa lesão, gênero *Pratylenchus*, potencializando o efeito deste fitonematoide na área (Ragassi; Pedrosa; Favarin, 2013).

O nabo forrageiro (*R. sativus* L) é da família Brassicaceae, cultivada como adubo verde, por ter um sistema radicular capaz de descompactar o solo (Barros; Jardine, 2021). O crambe (*C. abyssinica* Hochst) pertencente à mesma família do nabo, possui robustez, com desenvolvimento em condições climáticas adversas e se mostra uma opção para cultivo na safrinha do Centro-Oeste (Melo; Ferreira; Rodolfo Junior, 2005), tendo finalidade em regiões tropicais e subtropicais como a extração de óleo (Carneiro *et al.*, 2009). Heinz *et al.* (2011) concluíram que a cobertura morta produzida pelo crambe é mais persistente que do nabo forrageiro.

O trigo mourisco (*F. esculentum* Moench) pertence à família Polygonaceae, apresentando rusticidade e ciclo curto (Klein *et al.*, 2010). Possui tolerância à acidez e capacidade de absorver sais de potássio e fósforo pouco solúveis do solo, sendo assim, seu desenvolvimento em solos com baixa fertilidade natural é notório, sendo utilizado como adubo verde. Pasqualetto *et al.* (1999) afirmam seu uso como planta de cobertura por ser eficiente na supressão de plantas infestantes.

O uso de adubos verdes difere das práticas convencionais na cafeicultura, sendo uma opção de caminho para a agricultura mais sustentável (Rosset *et al.*, 2014), a qual possibilita a economia de insumos aplicados na lavoura, devido à decomposição de matéria orgânica das plantas e ciclagem de nutrientes (Matiello *et al.*, 2005). O uso das leguminosas, por exemplo, serve como fonte de nitrogênio pela simbiose estabelecida entre a plantas e bactérias capazes de fixar nitrogênio atmosférico, proporcionando aos cafeicultores redução

no uso de insumos e economia na produção, além de promover a conservação de água e solo (Altieri, 1999). Com o consórcio, se faz necessário um manejo integrado, pois as plantas daninhas apresentam rusticidade e são mais eficientes na utilização de recursos disponibilizados para o cafeeiro (Fialho *et al.*, 2011), onde a interferência das plantas é indicada por meio da produção do cafeeiro, que se não controlada, provoca prejuízos na lavoura, gerando perdas econômicas ao produtor (Pitelli, 1985). Dessa maneira, Ronchi *et al.* (2023) sugerem maior número de pesquisas científicas que comprovem os benefícios do uso do adubo verde na cultura do cafeeiro, conduzidas na entrelinha, como exemplo, leguminosas fixadoras de nitrogênio e gramíneas com elevada produção de fitomassa.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Santa Bárbara, Monte Carmelo (latitude $18^{\circ} 47' 21''$ S, longitude $47^{\circ} 33' 37''$ W e altitude de 936 m), no estado de Minas Gerais (Figura 1).

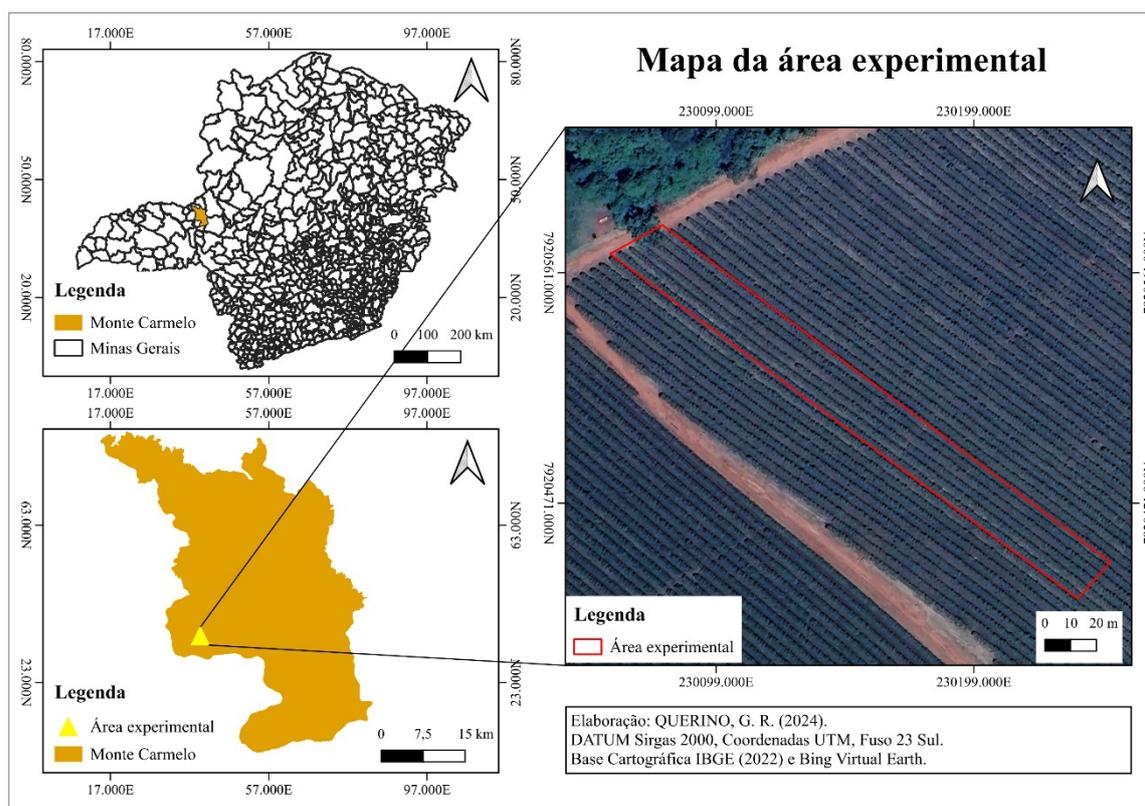


Figura 1 - Mapa da área experimental.

A classificação climática, segundo Climate-Data (2023) é Aw, sendo uma região tropical com inverno seco, precipitação média anual de 1.269 milímetros e temperatura média anual de 21,9 °C, onde o solo da área é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, 2018), com 160 g kg⁻¹ de areia total, 100 g kg⁻¹ de silte e 740 g kg⁻¹ de argila. A composição química do solo nos anos de 2022 e 2023 está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química do solo na área experimental em 2022 e 2023

Característica	Unidade	2022		2023	
		0-0,20 m	0,20-0,40 m	0-0,20 m	0,20-0,40 m
pH (H ₂ O)	-	6,4	5,4	-	-
pH (CaCl ₂)	-	5,6	5	5,1	4,8
pH (SMP)	-	-	-	6,4	6,3
Fósforo (P resina)	mg dm ⁻³	23,3	13,8	56,7	33,9
S-SO ₄ ²⁻	mg dm ⁻³	15,76	68,21	-	-
Potássio (K ⁺)	mg dm ⁻³	91,6	70	143	146
Cálcio (Ca ²⁺)	cmol _c dm ⁻³	2,82	0,85	3,29*	2,55*
Magnésio (Mg ²⁺)	cmol _c dm ⁻³	1,2	0,4	0,64*	0,51*
Alumínio (Al ³⁺)	cmol _c dm ⁻³	0	0,15	0,12*	0,11*
H+Al	cmol _c dm ⁻³	2,6	3,1	3,8	4,4
SB	cmol _c dm ⁻³	4,2	1,45	4,30	3,43
CTC (t)	cmol _c dm ⁻³	4,2	1,6	0,44	0,35
CTC a pH 7,0 (T)	cmol _c dm ⁻³	6,8	4,55	8,1	7,8
V	%	62	32	53,1	44
m	%	0	9	2,7	3,1
Matéria orgânica (MO)	dag kg ⁻¹	2,5	-	2,31	2,09
C.O.	dag kg ⁻¹	1,5	-	1,34	1,21
Zinco (Zn)	mg dm ⁻³	2	-	2,9	1,5
Ferro (Fe)	mg dm ⁻³	21	-	14	14
Manganês (Mn)	mg dm ⁻³	6,3	-	3,3	3,3
Cobre (Cu)	mg dm ⁻³	2,9	-	3,7	2,5
Boro (B)	mg dm ⁻³	0,42	-	1,57	1,47
Enxofre (S)	mg dm ⁻³	15,76	68,21	59,4	75,9

Métodos de extração: K, Na = Mehlich⁻¹, P = Resina, MO = Método Colorimétrico, B = água quente, Cu, Fe, Mn, Zn = DTPA, H + Al = Solução Tampão SMP a pH 7,5, Ca, Mg, Al = KCl 1 mol L⁻¹, S-SO₄²⁻ = Fosfato de cálcio monobásico 0,01 mol L⁻¹.

*Ca, Mg, Al = NH₄Cl 1M, S = Acetato de Amônio + Ácido Acético.

SB = soma de bases trocáveis, V = índice de saturação por bases, m = índice de saturação de alumínio

O talhão onde foi instalado o experimento apresenta a cultivar Topázio MG-1190 em uma área de 9 ha, plantada no ano de 2017, com espaçamento de 3,80 m entrelinhas e 0,70 m entre plantas. A área é irrigada por gotejamento superficial, com espaçamento de 0,70 m entre gotejadores e vazão de 2,2 L h⁻¹.

Considerando o histórico da área experimental, a produtividade nos anos de 2021 e 2022 foi de 36,59 sacas ha⁻¹ e 4,34 sacas ha⁻¹, respectivamente. Em 2021, a temperatura média foi de 21,7 °C e precipitação acumulada de 1.026 mm. Em 2022, 21,6 °C e 1.481 mm, e até julho de 2023, 21,4 °C e 629 mm, obtidos por meio da estação meteorológica localizada na Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo – MG (Figura 2).

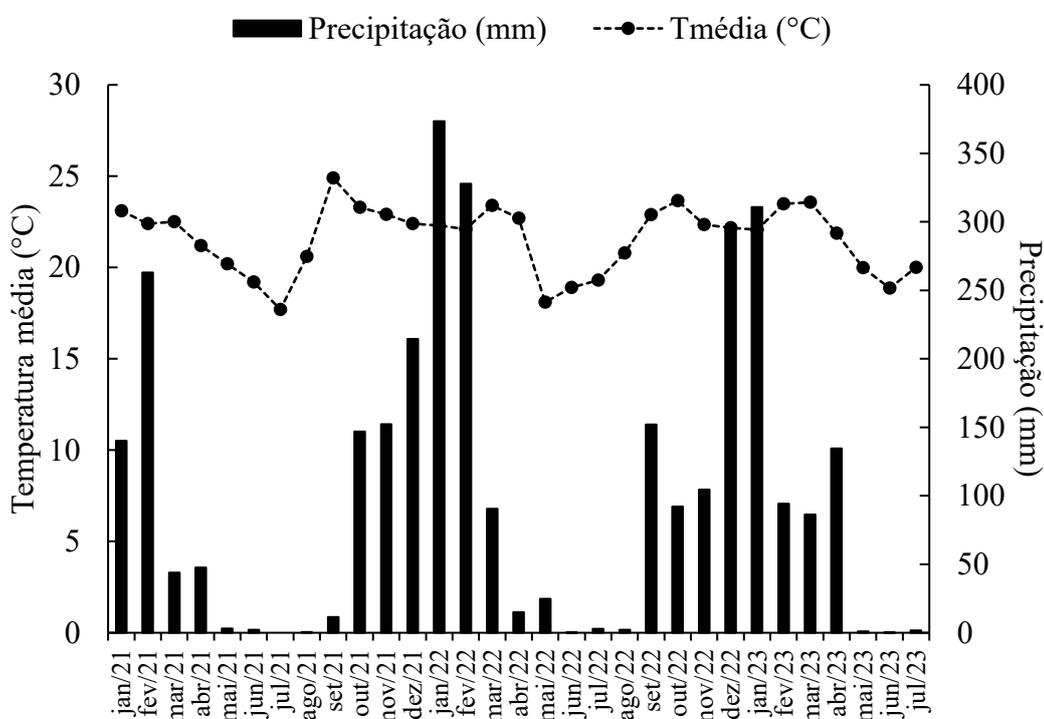


Figura 2 - Temperatura média (°C) e precipitação (mm) no período de janeiro de 2021 a julho de 2023 em Monte Carmelo, Minas Gerais, obtidos da estação meteorológica instalada no Campus Monte Carmelo – UFU.

A adubação para a safra de 22/23 foi realizada com 5,0 ton ha⁻¹ de gesso, 1,3 ton ha⁻¹ do formulado 19-04-19 (N-P₂O₅-K₂O), 0,2 ton ha⁻¹ do formulado 18-05-18 (N-P₂O₅-K₂O), 88 kg ha⁻¹ de fonte de boro e 0,16 ton ha⁻¹ de fonte de óxidos de cálcio e magnésio.

Como cobertura viva na lavoura cafeeira, foram utilizadas, nesta pesquisa, plantas das famílias Fabaceae (*Crotalaria ochroleuca*), Poaceae (*Brachiaria ruziziensis* e *Eleusine*

coracana), Polygonaceae (*Fagopyrum esculentum* Moench) e Brassicaceae (*Crambe abyssinica* Hochst e *Raphanus sativus* L.).

O experimento foi constituído por arranjos com plantas de cobertura na entrelinha do cafeeiro, sendo os tratamentos representados por: (T1): mix-mix , constituído pelas espécies *F. esculentum*, *C. abyssinica*, *B. ruziziensis*, *E. coracana*, *C. ochroleuca* e *R. sativus* em ambas as entrelinhas adjacentes (100%) (Figura 3), (T2): mix-braquiária, sendo o mix de plantas de cobertura apenas na entrelinha superior (50%) e a braquiária na entrelinha inferior (50%) (Figura 4), (T3): braquiária-braquiária em ambas as entrelinhas adjacentes (100%) (Figura 5), (T4): tratamento controle, sem a presença de plantas de cobertura na entrelinha do cafeeiro (Figura 6). Cada linha foi representada por 350 plantas de cafeeiros, sendo subdivididas em 50 plantas por parcela e 10 plantas úteis, totalizando sete repetições e 28 parcelas, conforme o croqui (Figura 7).



Figura 3 – Parcela contendo diversas espécies de plantas de cobertura (mix) em ambas as entrelinhas do cafeeiro.



Figura 4 - Parcela contendo mix de plantas de cobertura apenas na entrelinha superior e braquiária na entrelinha inferior.



Figura 5 - Parcela contendo braquiária em ambas as entrelinhas do cafeeiro.



Figura 6 - Entrelinha do cafeeiro sem a presença de plantas de cobertura.

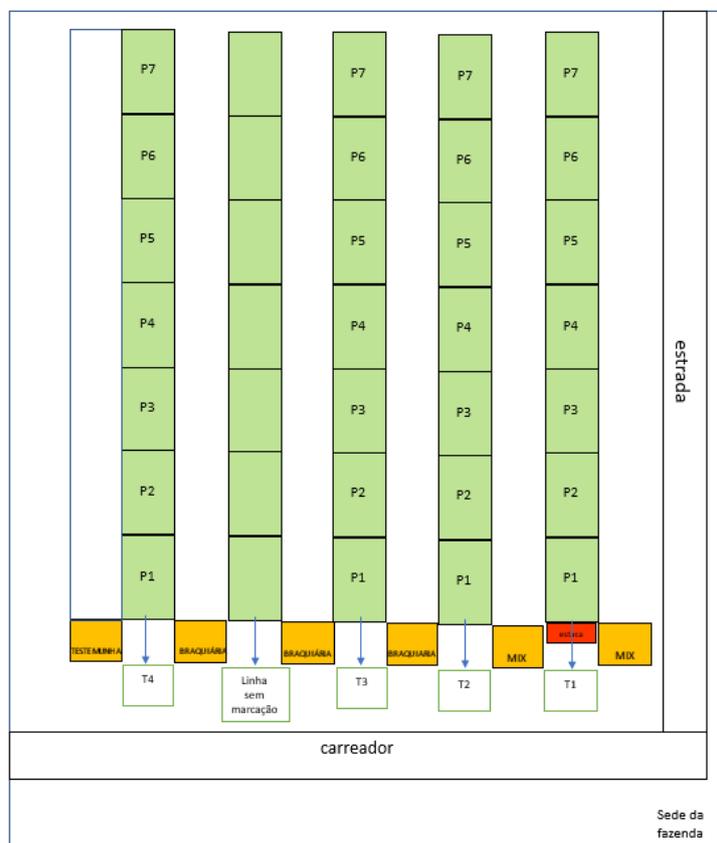


Figura 7 - Croqui do experimento.

Foram semeados 25 kg ha⁻¹ de mix e 8 kg ha⁻¹ de braquiária, em linhas duplas nas entrelinhas de café, por meio da semeadora de grãos Tatu Marchesan e trator LS U60, com 0,5 m de distância em relação à projeção da copa. Antes da implantação do experimento foi realizada a dessecação com os herbicidas clethodim e flumioxazin, usados em doses de acordo com a recomendação da bula, 15 dias antes da semeadura, ocorrida no dia 14 de dezembro de 2022. As plantas de cobertura foram trinchadas na área 93 dias após a semeadura, no dia 17 de março de 2023.

A colheita do café na safra de 2023 foi feita por meio de derriça manual no pano em cada parcela útil, com retirada de 7 L de volume produzido após a determinação da produção por parcela, com secagem em terreiro de concreto, sendo que, ao atingir 11% de umidade, foi medida a massa e volume do café em coco, para posteriormente as amostras serem beneficiadas e determinados novamente o volume, massa e umidade. A produção por parcela foi extrapolada a partir da relação do volume total de café colhido e massa da amostra beneficiada, para produtividade em sacas ha⁻¹. A partir da relação do volume necessário de café da roça (L) para compor uma saca de 60 kg de café beneficiado foi determinado o rendimento (Fernandes *et al.*, 2020).

Na pós-colheita, com os grãos beneficiados, foi realizada a classificação física em relação ao tamanho e formato dos grãos, onde 100 g de cada parcela foram colocados em peneiras de crivos circulares, para reter o café chato, classificados nas categorias: chato gráudo: peneiras 19, 18 e 17; chato médio: peneiras 16 e 15; chato miúdo: peneira 14 e menores, e crivos oblongos para reter o café moca, classificados nas categorias: moca gráudo: peneiras 13, 12 e 11; moca médio: peneira 10 e moca miúdo (moquinha): peneira 9 e menores, de acordo com a Instrução Normativa nº 8 de 11 de junho de 2003 (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Mapa, 2003).

Foi aferida a produção de biomassa das plantas de cobertura, com auxílio de quadrado metálico de 0,5 m x 0,5 m (0,25 m²) por parcela, coletando a massa fresca em seis parcelas do T1 e seis parcelas do T3, sendo levados à estufa por 72h a 65 °C. Posteriormente, foi obtida a massa seca das plantas de cobertura e os resultados foram convertidos em t ha⁻¹, sendo associados com a produtividade, rendimento e tamanho e formato de grãos da cultura do cafeeiro. Os dados de fitomassa foram submetidos à análise descritiva, por não haver repetições suficientes para que fossem submetidos à análise estatística.

A análise das variáveis do cafeeiro foi realizada pelo software R versão 4.3.1 (R Core Team, 2021). Foi ajustado um modelo linear misto (LMM) por meio do pacote lme4 (Bates

et al., 2015), onde a estimativa dos parâmetros do modelo foi realizada pela máxima verossimilhança restrita (REML). As pressuposições de homocedasticidade, normalidade dos dados, linearidade e independência foram verificadas por meio da análise dos QQ-plots (*quantile-quantile plots*) dos resíduos padronizados e plotagens dos resíduos versus variáveis explicativas e valores ajustados (Zuur *et al.*, 2009). Para o modelo, foi considerado como fator fixo os tratamentos de plantas de cobertura e como aleatório o efeito da coleta dentro dos blocos formados. Quando diferenças significativas foram encontradas no modelo, as médias estimadas dos fatores foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, com ajuste de Sidak, por meio do pacote emmeans (Lenth *et al.*, 2018).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que para produtividade de café beneficiado (sacas de 60 kg ha⁻¹), rendimento (litros de café da roça para compor uma saca beneficiada) e porcentagens de grãos retidos nas peneiras (Tabela 2) não foram detectadas diferenças entre os tratamentos, pela Análise de *Deviance*, em função das faixas com braquiária, mix e testemunha.

Tabela 2. Análise de *Deviance* para produtividade, rendimento e porcentagens de grãos retidos nas peneiras em função das plantas de cobertura

FV	GL	Produtividade	Rendimento
		<i>Valor-p</i>	<i>Valor-p</i>
Tratamento	3	0,2531 ^{ns}	0,2931 ^{ns}
FV	GL	Chato miúdo	Moca graúdo
		<i>Valor-p</i>	<i>Valor-p</i>
Tratamento	3	0,8641 ^{ns}	0,4448 ^{ns}
FV	GL	Chato graúdo	Chato médio
		<i>Valor-p</i>	<i>Valor-p</i>
Tratamento	3	0,9301 ^{ns}	0,5823 ^{ns}
FV	GL	Moca médio	Moca miúdo
		<i>Valor-p</i>	<i>Valor-p</i>
Tratamento	3	0,9542 ^{ns}	0,733 ^{ns}

ns: não significativo a 5% de probabilidade. FV: Fonte de variação; GL: grau de liberdade.

A lavoura cafeeira, quando conduzida com plantas na sua entrelinha, pode sofrer interferência, devido à competição, caso não haja manejo correto. É possível observar, pela análise de *Deviance*, que os tratamentos com presença de plantas de cobertura na entrelinha não promoveram prejuízo em relação ao tratamento controle (Tabela 3). Vários benefícios podem ser alcançados com a utilização de adubos verdes, como elevação da fertilidade e preservação do solo (León Castro; Whalen, 2019). No trabalho de Fernandes *et al.* (2019), o tratamento com 100% de adubação aliado à utilização de plantas de cobertura foi superior em relação ao uso apenas de 100% de adubação, na safra 2016/2017, proporcionando aumento de 10 sacas beneficiadas de café por hectare, no Cerrado Mineiro.

Tabela 3. Produtividade do cafeeiro em função das plantas de cobertura (sacas ha⁻¹) em 2023

Tratamentos	Produtividade
T1	71,5 a
T2	72,8 a
T3	75,5 a
T4	66,2 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pela Análise de *Deviance* ao nível de 5% de significância.

Desta forma, sugere-se, em futuros trabalhos, a utilização de maior quantidade de repetições e safras. Em função do experimento ter sido conduzido apenas em 2023, o curto período de tempo pode ter sido insuficiente para condicionar uma resposta da cultura do café, além dos efeitos de bienalidade, característica intrínseca do cafeeiro, e condições climáticas.

A produtividade média de café do experimento (71,5 sacas ha⁻¹) foi maior em relação à média brasileira (29,4 sacas ha⁻¹) (Conab, 2023), devido ao adequado manejo da lavoura e ano de bienalidade positiva.

Analisando os dados de rendimento, verifica-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 4), obtendo-se média de 520 L de café da roça para compor uma saca de 60 kg de café beneficiado. A variabilidade de rendimento observada entre o mix de plantas de cobertura e o tratamento controle foi de 51 litros por saca, no entanto, essa diferença não foi significativa. Sabe-se que, quanto menor a quantidade de café para compor uma saca, maior é o rendimento, estando aliado ao fato de os grãos estarem mais graúdos. Pelo fato de o experimento ter sido conduzido por apenas uma safra, não ficaram evidentes os efeitos do uso das espécies de plantas de cobertura neste parâmetro. A hipótese é que, ao

longo dos anos, o uso do mix, com menor relação C/N em relação à braquiária, possa promover um acúmulo máximo de nutrientes e com taxa de decomposição mais rápida para fornecimento de nutrientes às plantas de café. Além disso, quando foi realizada a semeadura das plantas de cobertura, o cafeeiro já apresentava frutos no estágio chumbinho. Desta forma, houve baixa interferência das plantas de cobertura na produtividade de 2023, sendo possivelmente evidenciados maiores efeitos dos tratamentos nos parâmetros produtivos do cafeeiro nas próximas safras.

Tabela 4. Rendimento (litros de café da roça para compor uma saca de 60 kg de café beneficiado) em função da utilização de plantas de cobertura na entrelinha do cafeeiro

Tratamentos	Rendimento (L saca ⁻¹)
T1	485 a
T2	529 a
T3	529 a
T4	536 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pela Análise de *Deviance* ao nível de 5% de significância.

Para a classificação quanto ao tamanho e formato dos grãos, verificou-se não significância entre os tratamentos (Tabela 5). No entanto, houve destaque para as médias dos cafés chato graúdo e chato médio em todos os tratamentos, com porcentagens superiores a 31,5% de grãos retidos em peneiras 17 acima (chato graúdo) e superior a 40,1% retidos em peneiras 15 e 16 (chato médio). Custódio, Gomes e Lima (2007), afirmam que classes granulométricas chato graúdo com 25% e chato médio com 40% se tornam produtos de boa qualidade para exportação, devido os países importadores possuírem interesse neste tipo de grão.

Tabela 5. Porcentagem de grãos de café retidos nas peneiras de formatos circulares e oblongos em função da utilização de plantas de cobertura na entrelinha do cafeeiro

Tratamentos	chato graúdo	chato médio	chato miúdo	moca graúdo	moca médio	moca miúdo
T1	33,7 a	40,1 a	8,44 a	4,37 a	5,39 a	7,95 a
T2	32,1 a	42,7 a	8,08 a	4,92 a	5,39 a	6,81 a
T3	32,0 a	41,2 a	8,76 a	5,01 a	5,74 a	7,30 a
T4	31,5 a	42,6 a	7,95 a	5,22 a	5,55 a	7,22 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pela Análise de *Deviance* ao nível de 5% de significância.

A utilização de braquiária proporcionou maior produção de massa seca, confirmado por Torres *et al.* (2005) ao relatarem a superioridade de fitomassa das gramíneas em relação às leguminosas, com o plantio no início do período das chuvas, igual ao ocorrido neste experimento. Dessa maneira, obteve-se massa seca 3,2 vezes superior da gramínea em relação ao mix (Figura 8), a qual possibilita uma cobertura vegetal importante para o solo. Segundo Reis, Lima e Pauletto (2014), espécies da família Poaceae possuem crescimento acelerado e sistema radicular fasciculado, promovendo um índice superior de biomassa, além da eficiente estruturação na agregação do solo e fornecimento de matéria orgânica para o sistema. Torres *et al.* (2005) conduziram outro experimento no ano seguinte, compondo as mesmas espécies, contudo, o plantio foi realizado no mês de abril, onde houve redução das chuvas, assim, as leguminosas, contendo crotalária, sobressaíram na produção de biomassa, sendo que no plantio de cobertura no ano anterior, sob condições favoráveis de umidade, obtiveram massas relativamente baixas. Isso ocorreu pelo fato das raízes de crotalária apresentarem característica pivotante, capazes de explorarem o solo em maior profundidade, captando mais água que as gramíneas. Franco e Souto (1984) afirmam a boa produção de biomassa das gramíneas, mas reforça que as leguminosas são as mais usadas para adubação verde devido à capacidade de fixarem nitrogênio atmosférico, aportando ao solo média de 188 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹.

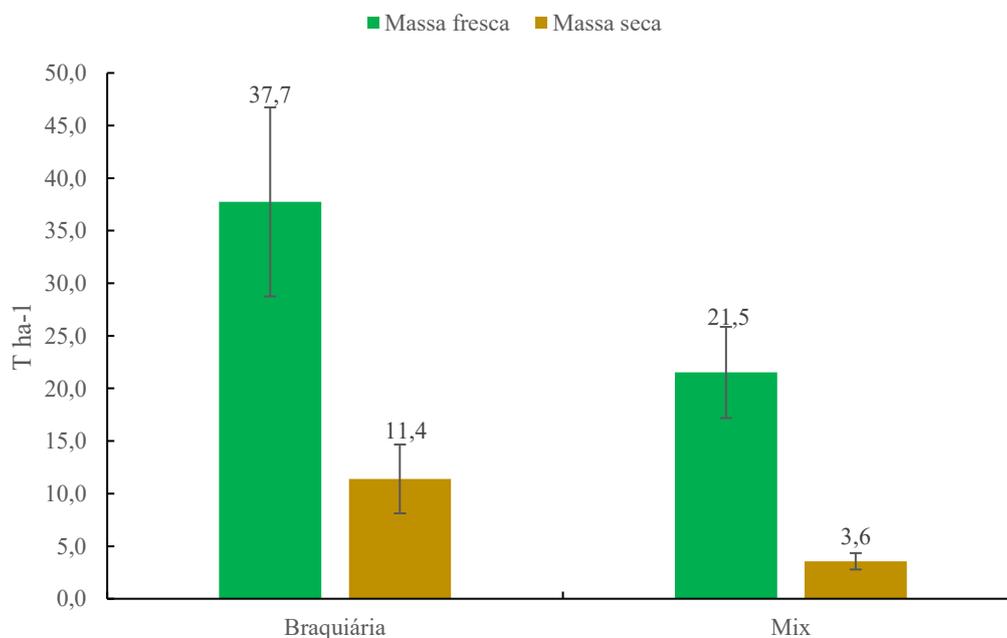


Figura 8 – Valores médios de massa fresca e massa seca (t ha⁻¹) dos tratamentos com braquiária e mix.

Calegari e Costa (2009), no uso para rotação de culturas, sugerem a utilização de nabo forrageiro e crotalárias, por possuírem sistema radicular robusto e capacidade de explorarem o solo em profundidade, para promover a descompactação, além do benefício de maior taxa de infiltração devido suas raízes proporcionarem porosidade.

O crambe, pertencente à mesma família do nabo forrageiro, também é usual na rotação de culturas pela capacidade de se desenvolver em adversas condições climáticas e possuir robustez (Melo; Ferreira; Rodolfo Junior, 2005). Assim, no cafeeiro há a mesma lógica, devido ao trânsito de máquinas nas entrelinhas para manejar a cultura, geralmente há compactação nesta área, e as plantas de cobertura garantem um ambiente mais favorável ao desenvolvimento das plantas.

Dessa maneira, Calegari (2008) declara que a associação de espécies resulta em um solo com melhores propriedades físicas e seus resíduos proporcionam relação C/N mediana que propicia a mineralização de nitrogênio, de forma equilibrada, onde apenas o uso das leguminosas pode resultar em perdas e o de gramíneas, problemas com imobilização, no entanto, o consórcio permite equilibrar a disponibilidade deste nutriente. Além disso, há plantas com maior relação C/N, levando um tempo maior para se decompor, enquanto haverá outras espécies mais rápidas, proporcionando maior fertilidade sem deixar o solo descoberto. Klein *et. al.* (2010), obtiveram resultados com o uso do trigo mourisco, demonstrando crescimento inicial rápido e de fácil estabelecimento na área, o qual promove supressão eficiente de plantas infestantes na entrelinha do cafeeiro.

Dessa forma, foi observado 14 dias após o manejo com a trincha, na faixa constituída por braquiária (Figura 9 A), a rebrota das plantas de forma mais rápida, além de haver um volume superior de fitomassa sobre o solo. Já na faixa onde foi semeado o mix (Figura 9 B), havia vegetais pouco desenvolvidos e com menor volume de biomassa, com exceção da braquiária e capim coracana.

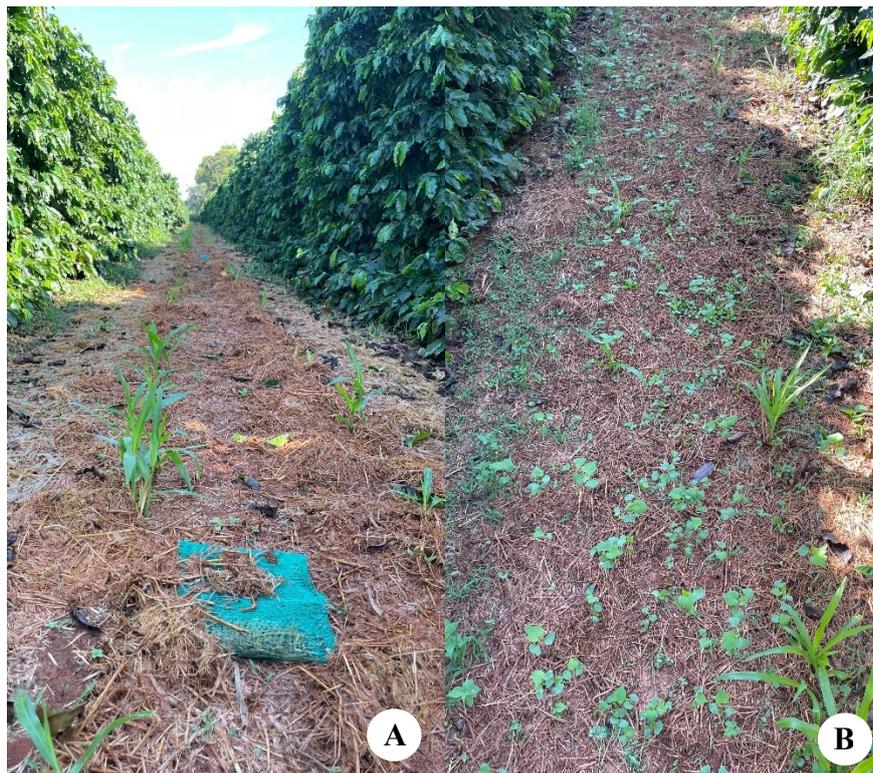


Figura 9 – Faixas de biomassa. (A) Tratamento com braquiária solteira. (B) Tratamento com mix.

6 CONCLUSÕES

A utilização das plantas de cobertura na entrelinha do cafeeiro não promoveu diferenças na produtividade, rendimento e porcentagem de grãos chato e moca na safra de 2023.

A produção de biomassa da braquiária foi 3,2 vezes superior ao tratamento composto por diversas espécies de plantas de cobertura (mix).

REFERÊNCIAS

ALTIERI, M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystem & Environment**, [S.l.], v. 74, p. 19-31, 1999.

ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. de F.; COSTA, S. E. V. G. de A. Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária no subtropico brasileiro. **Tópicos em ciência do solo**, v. 8, n. 2, p. 325-380, 2013.

ARAÚJO, L. da S. *et al.* Potencial de cobertura do solo e supressão de tiririca (*Cyperus rotundus*) por resíduos culturais de plantas de cobertura. **Revista Ceres**, v. 62, p. 483-488, 2015.

BARROS, T. D; JARDINE, J. G. **Nabo forrageiro**. 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/biodiesel/materias-primas/nabo-forrageiro>>. Acesso em: 01 jun. 2023.

BATES, D. *et al.* (2015) Fitting linear mixed-effects models using lme4. **Journal of Statistical Software**, v. 67, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>>. Acesso em: 01 jun. 2023.

BOER, C. A. *et al.* Biomassa, decomposição e cobertura do solo ocasionada por resíduos culturais de três espécies vegetais na região Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 843-851, 2008.

BOER, C. A. *et al.* Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 42, p. 1269-1276, 2007.

CALEGARI, A. Plantas de cobertura e rotação de culturas no sistema plantio direto. **Informações Agronômicas**, v. 122, p. 18-21, 2008.

CALEGARI, A.; COSTA, A. Benefícios manutenção da cobertura melhora atributos do solo. **Revista Visão Agrícola**, v. 9, p. 13-16, 2009.

CARNEIRO, S. M. T. P. G. *et al.* Ocorrência de *Alternaria brassicicola* em crambe (*Crambe abyssinica*) no estado do Paraná. **Summa Phytopathologica**, v. 35, n. 2, p.154, 2009.

CARVALHO, A. M. de *et al.* Chemical composition of cover plants and its effect on maize yield in no-tillage systems in the Brazilian savanna. **Crop and Pasture Science**, v. 63, n. 12, p. 1075-1081, 2013.

CARVALHO, R. **Armazenamento de água e atributos físicos de um latossolo cultivado com cafeeiros em conversão para o sistema orgânico**. 2007. 89p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras. 2007.

CECCON, G. Milho safrinha com solo protegido e retorno econômico em Mato Grosso do Sul. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 17, n. 97, p. 17-20, 2007.

COLLIER, L. S. *et al.* Consórcio e sucessão de milho e feijão-de-porco como alternativa de cultivo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, p. 306-313, 2011.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de café, safra 2023, quarto levantamento.** 2023. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafes/boletim-da-safra-de-caffe>>. Acesso em: 19 jan. 2024.

CONSELHO DOS EXPORTADORES DE CAFÉ DO BRASIL – CECAFÉ. **Relatório mensal, novembro 2023.** 2023. Disponível em: <http://www.consorcioinvestidorscafe.com.br/images/stories/noticias/2021/2023/Novembro/CECAFÉ_Relatorio_Mensal_NOVEMBRO_2023.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2024.

CUSTÓDIO, A. A. de P.; GOMES, Natalino M.; LIMA, Luiz A. Efeito da irrigação sobre a classificação do café. **Engenharia Agrícola**, v. 27, p. 391-701, 2007.

CLIMATE-DATA. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/monte-carmelo-24982/>>. Acesso em: 19 jan. 2024.

DAMATTA, F. M. *et al.* Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.19, p.485-510, 2007.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2018.

ESPÍNDULA, M. C. *et al.* Implantação da lavoura. In: MARCOLAN, A. L.; ESPÍNDULA, M. C. **Café na Amazônia.** Brasília, DF: Embrapa, 2015, p. 161-173.

FAVARATO, L. F. *et al.* Atributos químicos do solo com diferentes plantas de cobertura em sistema de plantio direto orgânico. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 5, n. 2, p.19-28, 2015.

FERNANDES, A. B.; TEIXEIRA, A. N.; SANTINATO, R.; SILVA, R. O.; CALEGARI, A. Utilização de condicionadores de solos associados a plantas de cobertura para produção de café no cerrado de minas gerais. XXI Simpósio Brasileiro de Pesquisa em Cafeicultura Irrigada. **Anais...20** de março de 2019, Araguari – MG, Brasil.

FERNANDES, M. I. dos S. *et al.* Parâmetros produtivos e de qualidade de cultivares de cafeeiros na região do Alto Paranaíba, Minas Gerais, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e147996681-e147996681, 2020.

FIALHO, C. M. T. *et al.* Competição de plantas daninhas com a cultura do café em duas épocas de infestação. **Planta Daninha**, v. 28, p. 969-978, 2010.

FIALHO, C. M. T. *et al.* Interferência de plantas daninhas sobre o crescimento inicial de *Coffea arabica*. **Planta Daninha**, v. 29, p. 137-147, 2011.

FONSECA, J. S. **Plantas de cobertura e sua influência nas propriedades físicas do solo e no rendimento de culturas estivais.** 46p. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduada em Engenharia Agrícola) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete, 2017.

FRANCO, A. A.; SOUTO, S. M. Contribuição da fixação biológica de N₂ na adubação verde. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984. p.199-215.

HEINZ, R. *et al.* Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de crame e nabo forrageiro. **Ciência Rural**, v. 41, p. 1549-1555, 2011.

HICKMANN, C.; COSTA, L. M. da. Estoque de carbono no solo e agregados em Argissolo sob diferentes manejos de longa duração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 1055-1061, 2012.

KLEIN, V. A. *et al.* Trigo mourisco: uma planta de triplo propósito e uma opção para rotação de culturas em áreas sob plantio direto. **Revista Plantio Direto-Maio/Junho de**, v. 2010, p. 33, 2010.

LEÓN CASTRO, L. X.; WHALEN, J. K. Nitrogen supply from green manure enhanced with increased tillage frequency: a note. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 2, p. 935-941, 2019.

LENTH, R. V. *et al.* Emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least Squares Means. R package version 1.8.8, 2018. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/package=emmeans>>. Acesso em: 01 jun. 2023.

MATIELLO, J. B. *et al.* **Cultura do café do Brasil: novo manual de recomendação**. Brasília: MAPA; Fundação Procafé, 2005. 434 p.

MATIELLO, J. B. *et al.* **Cultura de Café no Brasil: manual de recomendações** ed. 2020. São Paulo: Fundação Procafé, 2020. 716 p.

MELO, R. R.; FERREIRA, A. G.; RODOLFO JUNIOR, F. Efeito de diferentes substratos na germinação de sementes de angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan) em condições de laboratório. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, n. 5, 2005.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Instrução Normativa nº 8, de 11 de junho de 2003. **Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Café Beneficiado Grão Cru**. Disponível em <<http://www.ministerio.gov.br>>. Acesso em: 21 jan. 2024.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA – MAPA. **Brasil é o maior produtor mundial e o segundo maior consumidor de café**. 14 abril 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/brasil-e-o-maior-produtor-mundial-e-o-segundo-maior-consumidor-de-cafe>>. Acesso em: 19 maio 2023.

NASCENTE, A. S.; CRUSCIOL, C. A. C. **Época de dessecação de plantas de cobertura para o plantio do arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2014. (Documentos, 301).

- OLIVEIRA, I. P. *et al.* Considerações sobre a acidez dos solos de cerrado. **Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos**, Montes Belos - GO, v. 1, n. 1, p. 1-12, 2005.
- OLIVEIRA, M. S. P *et al.* Densidade e comprimento radicular de crotalária e milho em camadas compactadas de solo. In: V Congresso estadual de iniciação científica e tecnológica do IF Goiano–Campus Iporá, 2016, Iporá, GO. **Anais...** Iporá, GO: 21 a 23 de setembro de 2016, p.1-2.
- ORTEGA, A. C.; JESUS, C. M. Território, certificação de procedência e a busca da singularidade: o caso do Café do Cerrado. **Política & Sociedade**, v. 10, n. 19, p. 305-330, 2011.
- PACHECO, L. P. *et al.* Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 17-25, 2011.
- PACHECO, L. P. *et al.* Influência da densidade do solo em atributos da parte aérea e sistema radicular de crotalária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, p. 464-472, 2015.
- PASQUALETTO, A. *et al.* Levantamento da flora emergente de plantas daninhas em sistemas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical (UFG)**, Goiânia, v. 29, n. 02, p. 127-134, 1999.
- PERIN, A. *et al.* Decomposição da palhada e produção de repolho em sistema plantio direto. **Global Science and Technology**, v. 8, n. 2, 2015.
- PICINI, A. G. **Desenvolvimento e teste de modelos agrometeorológicos para estimativa de produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) a partir do monitoramento da disponibilidade hídrica do solo**. Piracicaba, 1998. 132p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário** v. 120, n. 11, p. 16-27, 1985.
- RAGASSI, C. F.; PEDROSA, A. W.; FAVARIN, J. L. Aspectos positivos e riscos no consórcio cafeeiro e braquiária. **Visão Agrícola**, v. 8, n. 12, p. 29-32, 2013.
- R Core Team (2021). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2021. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 01 jun. 2023.
- REATTO, A.; CARDOSO, A. N.; GOMES A. C. **Cerrado: adubação verde**. 2. ed. Planatina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 34 p.
- REIS, D. A.; LIMA, C. L. R. de; PAULETTO, E. A. Resistência tênsil de agregados e compressibilidade de um solo construído com plantas de cobertura em área de mineração de carvão em Candiota, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 669-678, 2014.

ROCHA, O. C. *et al.* Chemical and hydrophysical attributes of an Oxisol under coffee intercropped with brachiaria in the Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1476-1483, 2016.

RODRIGUES, G. B. *et al.* Matéria e nutrientes da parte aérea de adubos verdes em cultivos exclusivo e consorciado. **Revista Ceres**, v. 59, p. 380-385, 2012.

RONCHI, C. P. *et al.* Acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro sob interferência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 219-227, 2003.

ROSSET, J.S. *et al.* Agricultura Convencional versus Sistemas Agroecológicos: Modelos, Impactos, Avaliação da Qualidade e Perspectivas. **Scientia Agraria Paranaensis** v. 13, n. 1, p. 80–94, 2014.

SILVA, C. A.; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. Productivity and yield of coffee plant under irrigation levels. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.387-394, 2008.

SILVA, K. C. *et al.* Produtividade de sorgo consorciado com crotalária em plantio direto no Cerrado. **Revista Científica**, Goianésia, v. 1, n. 5, p. 76-81, 2017.

SILVA, M. A. *et al.* Plantas de cobertura isoladas e em mix para a melhoria da qualidade do solo e das culturas comerciais no Cerrado. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, p. e11101220008-e11101220008, 2021.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F.; FERREIRA, A. C. de B. **Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijão-comum em sucessão**. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2018. (Comunicado Técnico, 240).

TEIXEIRA, M. B. *et al.* Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milho e sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 867-876, 2011.

TORRES, J. L. R. *et al.* Cover crops residue decomposition and nitrogen release in a cerrado soil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.609-618, 2005.

TORRES, J. L. R. *et al.* Cultivo de feijão e milho em sucessão a plantas de cobertura. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 4, p. 117-125, 2014.

ZIECH, A. R. D. *et al.* Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hiberna na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 374-382, 2015.

ZUUR, A. F. *et al.* **Mixed effects models and extensions in ecology with R**. Springer, New York, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/978-0-387-87458-6>>. Acesso em: 01 jun. 2023.