

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

PEDRO LUCA MARTINS SILVA

ADUBAÇÃO MINERAL E ORGANOMINERAL EM CAFEIEIRO E SUA INFLUÊNCIA
NOS PARÂMETROS AGRONÔMICOS E NA QUALIDADE DA BEBIDA

Monte Carmelo
2024

PEDRO LUCA MARTINS SILVA

ADUBAÇÃO MINERAL E ORGANOMINERAL EM CAFEEIRO E SUA INFLUÊNCIA
NOS PARÂMETROS AGRONÔMICOS E NA QUALIDADE DA BEBIDA

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, *Campus* Monte Carmelo como requisito necessário para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

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

Monte Carmelo
2024

PEDRO LUCA MARTINS SILVA

ADUBAÇÃO MINERAL E ORGANOMINERAL EM CAFEIEIRO E SUA INFLUÊNCIA
NOS PARÂMETROS AGRONÔMICOS E NA QUALIDADE DA BEBIDA

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, *Campus* Monte Carmelo, como requisito necessário para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

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

Monte Carmelo, 28 de março de 2024.

Banca Examinadora

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

Prof.^a Dr^a Franscinely Aparecida de Assis
Membro da Banca

Dr^a Raquel Pinheiro da Mota
Membro da Banca

Monte Carmelo
2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde, força e coragem para superar os desafios que encontrei durante a graduação.

Aos meus pais Soneide Maria e Wolkmar José pelo apoio e incentivo, e que sempre estiveram comigo nos momentos difíceis que passei.

Aos meus amigos, agradeço pelos conselhos e ajuda em diversas atividades acadêmicas.

A Prof.^a Dra. Gleice Aparecida de Assis que me acolheu como um de seus orientados, agradeço por toda a ajuda, conselhos e oportunidades.

Ao Grupo Necacer (Núcleo de Estudos em Cafeicultura do Cerrado) pelo conhecimento e experiência repassados que agregaram na minha carreira acadêmica.

A empresa Valoriza pela confiança em me deixar responsável pela condução desse experimento.

Ao produtor Vinícius Crippa por ter cedido a área para a realização do experimento para o trabalho de conclusão de curso.

Aos professores e servidores da Universidade Federal de Uberlândia - Campus Monte Carmelo que proporcionaram um ambiente agradável e propício para minha formação acadêmica.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente com minha formação.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. OBJETIVO	10
3. REVISÃO DE LITERATURA	11
3.1. Morfologia do Cafeeiro.....	11
3.2. Fertilizantes organominerais e minerais	12
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
4.1 Localização da área experimental	15
4.2 Características da região e análise química do solo	15
4.3 Delineamento experimental	16
4.4 Parâmetros avaliados.....	19
4.5 Análise dos dados.....	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5.1 Parâmetros vegetativos	22
5.2 Produtividade, rendimento e análise sensorial	27
5.3 Análise de solo	29
6. CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS	34

RESUMO

Os fertilizantes organominerais são constituídos por adubos orgânicos associados com nutrientes na sua forma mineral. É uma tecnologia que vem ganhando espaço na agricultura brasileira, uma vez que fornece benefícios para o solo e para as plantas, elevando a produtividade das culturas. Diante deste contexto, a pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar o efeito de fontes e doses dos adubos mineral e organomineral em cafeeiro no incremento aos parâmetros agronômicos da cultura e na qualidade da bebida. O experimento foi iniciado em outubro de 2022 na Fazenda Araras, localizada no município de Monte Carmelo-MG. A cultivar avaliada foi a IPR 100, com espaçamento de 3,70 m entre linhas e 0,6 m entre plantas, submetida à irrigação por gotejamento. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três blocos, no esquema fatorial 3 x 4, totalizando doze tratamentos, sendo três fontes de fertilizantes (organomineral A nas formulações 13-00-00, 06-30-00 e 00-00-40; organomineral B nas formulações 00-00-35, 05-25-00 e 25-00-00 e fertilizante mineral), combinadas com quatro doses de adubo (50%, 75%, 100% e 125% da recomendação de referência). Cada parcela foi constituída por seis plantas, consideradas úteis as quatro plantas centrais. A colheita referente ao ano de 2023 foi realizada no mês de julho por meio de derriça manual no pano. Foram avaliadas trimestralmente a altura, diâmetro de copa e o número de ramos plagiotrópicos do cafeeiro. Em julho de 2023 foi realizada a colheita na área experimental, sendo avaliados a produtividade, rendimento e qualidade da bebida. Para determinação dos atributos químicos do solo, a análise de solo foi realizada em março de 2023. Foi possível detectar diferenças significativas para altura de plantas utilizando o fertilizante mineral convencional 125% e o organomineral B 50%. Para diâmetro de copa, verificou-se desempenho inferior das plantas apenas no mês de dezembro no tratamento organomineral B 50%. Para qualidade de bebida, todos os tratamentos se enquadraram na classificação *premium*, exceto fertilizante mineral 50%, organomineral A 100% e organomineral B 75%. Ocorreu diferença significativa entre as doses de fertilizantes no teor médio de fósforo no solo. Outros atributos como capacidade de troca de cátions potencial, saturação por bases, matéria orgânica, pH em água, incremento de ramos, produtividade e rendimento não apresentaram diferenças entre os tratamentos. Considerando a melhor relação custo-benefício e respostas dos parâmetros agronômicos, recomenda-se a utilização do organomineral A na dose de 75%. Para obtenção de resultados que expressem os reais efeitos de doses e fontes de fertilizantes nos parâmetros agronômicos do cafeeiro, é necessário a condução do experimento por mais safras, considerando o ciclo bienal desta cultura perene.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea arabica* L., fertilizantes, matéria orgânica, produtividade.

ABSTRACT

Organomineral fertilizers are made up of organic fertilizers associated with nutrients in their mineral form. It is a technology that has been gaining ground in Brazilian agriculture, as it provides benefits to the soil and plants, increasing crop productivity. Given this context, the research was carried out with the objective of evaluating the effect of sources and doses of mineral and organomineral fertilizers on coffee trees in increasing the agronomic parameters of the crop and the quality of the drink. The experiment began in October 2022 at Fazenda Araras, located in the municipality of Monte Carmelo-MG. The cultivar evaluated was IPR 100, with a spacing of 3.70 m between rows and 0.6 m between plants, subjected to drip irrigation. The experimental design used was in randomized blocks, with three blocks, in a 3 x 4 factorial scheme, totaling twelve treatments, with three sources of fertilizers (organomineral A in formulations 13-00-00, 06-30-00 and 00-00-40; organomineral B in formulations 00-00-35, 05-25-00 and 25-00-00 and mineral fertilizer), combined with four doses of fertilizer (50%, 75%, 100% and 125% of the reference recommendation). Each plot consisted of six plants, with the four central plants considered useful. The harvest for the year 2023 was carried out in July by manual stripping on the cloth. The height, crown diameter and number of plagiotropic branches of the coffee tree were evaluated quarterly. In July 2023, the harvest was carried out in the experimental area, and the productivity, yield and quality of the drink were evaluated. To determine the chemical attributes of the soil, the soil analysis was carried out in March 2023. It was possible to detect significant differences in plant height using conventional mineral fertilizer 125% and organomineral B 50%. For crown diameter, lower plant performance was observed only in the month of December in the organomineral B 50% treatment. For beverage quality, all treatments fell into the premium classification, except mineral fertilizer 50%, organomineral A 100% and organomineral B 75%. There was a significant difference between fertilizer doses in the average phosphorus content in the soil. Other attributes such as potential cation exchange capacity, base saturation, organic matter, pH in water, increase in branches, productivity and yield did not show differences between treatments. Considering the best cost-benefit ratio and responses to agronomic parameters, it is recommended to use organomineral A 75%. To obtain results that express the real effects of doses and sources of fertilizers on the agronomic parameters of the coffee tree, it is necessary to conduct the experiment for more harvests, considering the biennial cycle of this perennial crop.

KEYWORDS: *Coffea arabica* L., fertilizers, organic matter, productivity.

1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma das atividades agrícolas mais representativas do agronegócio brasileiro tendo relevância no panorama social e econômico. O Brasil lidera a produção e a exportação de café verde no mundo, além de ser um dos maiores consumidores da bebida (Senar, 2017). Aproximadamente 300 mil propriedades produzem café no país, sendo 82% deles considerados cafeicultores familiares (Embrapa, 2019).

No Brasil, houve aumento na área destinada ao cultivo de café (arábica e conilon) em 2023. Há, no total, 2,26 milhões de hectares cultivados com as espécies *Coffea arabica* L. e *C. canephora* Pierre, aumento de 0,8% em relação à área da safra anterior, com 1,9 milhão de hectares destinados às lavouras em produção (Conab, 2023).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2023), houve crescimento de 8,2% na produção cafeeira do país em relação à safra 2022, com o volume produzido de arábica e conilon totalizando 55,1 milhões de sacas de café beneficiado. Mesmo sob o ciclo de bienalidade negativa, a produção foi superior à da safra passada, a qual foi acometida por baixas precipitações pluviométricas, longas estiagens e temperaturas acima do normal durante parte do seu desenvolvimento.

A cafeicultura mineira é bastante tradicional e extremamente relevante para a produção nacional do grão. No estado de Minas Gerais o cultivo merece destaque em algumas mesorregiões, onde nestas se concentram grande parte da produção nacional, como por exemplo, o Sul e Centro-Oeste mineiro, o Triângulo Mineiro, região do Alto Paranaíba, o Noroeste, a Zona da Mata, o Vale do Rio Doce e a Zona Central (Conab, 2023).

Minas Gerais é notável pela diversidade de recursos e particularidades físicas, como solo, altitude e clima (Santana, 2021). Entretanto, a cafeicultura brasileira está implantada, em sua grande maioria, em solos de baixa fertilidade natural ou solos desgastados, com predominância de acidez elevada; altos teores de alumínio; baixos teores de matéria orgânica, fósforo, cálcio, magnésio e potássio; reduzida disponibilidade de micronutrientes e baixo índice de saturação por bases (Matiello *et al.*, 2002). Por conta disso, a fertilidade do solo é um dos fatores mais importantes para que as plantas desenvolvam seu potencial

máximo de produtividade, sendo também requisito básico relevante para conservação do solo, água e até mesmo do ambiente (Cogo, Levien, Schwarz, 2003).

Para o cultivo do cafeeiro, o solo deve fornecer as quantidades e proporções adequadas de macro e micronutrientes, o que afeta diretamente o volume e a profundidade de raízes, resultando no desenvolvimento e produção da planta. Sendo assim, a correção do solo se torna necessária para melhorar a eficácia da fertilização, e o fornecimento de nutrientes depende do bom estado do solo para que as plantas possam realizar a absorção (Matiello *et al.*, 2015).

O cafeeiro tem como característica uma elevada exportação de nutrientes do solo e requer aplicação adequada de corretivos e fertilizantes para atingir altas produtividades (Reis Júnior *et al.*, 2002). Um dos fatores que tem contribuído significativamente para a baixa produtividade da cultura cafeeira é o manejo inadequado dos fatores edáficos, especialmente os relacionados com a nutrição e adubação, que se agrava pelo cultivo contínuo na mesma área de terra aumentando o desgaste do solo e o desequilíbrio entre nutrientes (Valarini, 2005).

Uma das alternativas adotadas pelos produtores são os fertilizantes químicos e orgânicos, usados para aumentar e manter os nutrientes do solo disponíveis para as plantas, elevando assim a produtividade. Devido a essa demanda, e a dependência do Brasil na compra de fertilizantes de outros países, houve aumento do custo da adubação nos últimos anos, levando os produtores a utilizar de forma mais eficiente esse produto (Cândido *et al.*, 2013).

O fertilizante orgânico, por sua vez, é o produto de origem vegetal, animal ou agroindustrial que, além da ação fertilizante, apresenta efeitos condicionadores e reparadores de atributos físicos do solo (Resende *et al.*, 2012). No entanto, os custos de produção, transporte e aplicação desses fertilizantes são frequentemente superiores aos fertilizantes minerais, e a proporção de nutrientes contida nos fertilizantes orgânicos nem sempre atende às necessidades das plantas, ou para que sejam atendidas, são exigidas grandes quantidades de adubo (Lacerda e Silva, 2014).

Diante dos gargalos no uso dos fertilizantes orgânicos, começou a ser empregado os organominerais com o objetivo de minimizar as dificuldades de aplicação de altos volumes dos adubos orgânicos. A aplicação de fertilizantes organominerais é uma técnica que vem avançando na agricultura brasileira, pois permite a recuperação de nutrientes contidos em resíduos da produção de suínos e aves, por exemplo, juntamente ao enriquecimento de

nutrientes na forma de minerais. Isso favorece a produção de formulações comerciais específicas para cada cultura, melhorando a uniformidade de concentração e disponibilidade de nutrientes (Zonta, Stafanato, Pereira, 2021).

Uma das vantagens dos fertilizantes organominerais em comparação aos minerais, está o fato de que os organominerais usam como matéria-prima resíduos de outros sistemas de produção, como agroindústria (setores sucroalcooleiros), esterco de bovinos de corte e leite, de suínos e de aves. A política nacional de resíduos sólidos enfatiza a importância da reutilização e da agregação de valor aos resíduos sólidos (Benites *et al.*, 2010).

Previsões do Department of Economic and Social Affairs Population da Organização das Nações Unidas indicam que a população mundial deve alcançar 9,6 bilhões de habitantes em 2050, tornando imprescindível a utilização de mais terras cultiváveis e com maior produtividade possível. Daí a importância do uso adequado de fertilizantes, agregado à implementação de novas tecnologias agrícolas, para permitir melhores padrões de produtividade. Vale ressaltar que de acordo com essa projeção de cenário, no ano de 2050, o Brasil responderá por cerca de 40% da produção mundial de alimentos (Almeida e Volotão, 2020).

Desse modo, torna-se de extrema importância o uso de fertilizantes na lavoura de forma que seja respeitada a quantidade e o modo de aplicação, visando fornecer à cultura nutrientes que promovam bom crescimento e desenvolvimento da planta e, conseqüentemente, obtenção de elevadas produtividades.

2. OBJETIVO

Avaliar o efeito de fontes e doses dos adubos mineral e organomineral em cafeeiro no incremento aos parâmetros agrônômicos da cultura e na qualidade da bebida.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Morfologia do Cafeeiro

O cafeeiro (*Coffea* spp.), Rubiaceae, é um arbusto de crescimento contínuo (Thomaziello, 2013). As folhas são pares e opostas, oval, de cor verde escuro. Os ramos que se desenvolvem no sentido vertical são denominados ortotrópicos, enquanto os de orientação horizontal, devido à gravidade, e que crescem lateralmente são designados como plagiotrópicos (Carvalho, 2007).

As flores são brancas, aromáticas, em números de 2 a 6 por axila, formando glomérulos e, geralmente, abrem nas primeiras horas da manhã e permanecem abertas durante todo o dia (Rena e Guimarães, 2000).

Os frutos das cultivares de *C. arabica* são de formato oblongo e não apresentam sépalas desenvolvidas. Quanto à cor, produzem frutos com exocarpo amarelo ou vermelho, sendo esse descritor importante para diferenciar alguns grupos de cultivares (Carvalho, 2007).

Com relação às raízes, vários trabalhos realizados em diferentes áreas cafeeiras do país, mostram que a grande maioria destas está localizada abaixo da projeção da copa do cafeeiro. Este fato se deve às melhores condições de umidade, fertilidade do solo e aeração, que contribuem para o seu desenvolvimento. Essas raízes geralmente avançam para o centro da entrelinha e formam um manto contínuo ao se entrelaçarem com as raízes dos cafeeiros vizinhos. Quanto ao seu desenvolvimento vertical, é comum encontrar raízes com até dois metros de profundidade, com distribuição espacial do sistema radicular sem padrão definido, diferindo de planta para planta (Carvalho, 2007).

Porém, pode-se afirmar que em solos bem estruturados e com boa fertilidade nas camadas mais profundas e após vários anos de cultivo do cafeeiro, é comum encontrar plantas com sistemas radiculares bem espaçados no perfil do solo, progredindo para profundidades de mais de 2,0 m com cerca de 40% a 50% de raízes presentes nos primeiros 60 cm de solo. Plantas com essa característica geralmente não apresentam problemas com escassez de água, pois conseguem realizar a absorção nas camadas mais profundas do solo. No entanto, em geral, a maioria dos trabalhos publicados na literatura

refere-se aos primeiros 50 cm de solo como a camada em que se encontra a maior parte do sistema radicular do cafeeiro. Por exemplo, na Zona da Mata Mineira foram encontrados sistemas radiculares extremamente rasos, cuja profundidade não ultrapassa 60 cm (Carvalho, 2007).

Outra particularidade do cafeeiro é a bienalidade, que influencia na produtividade. Um ciclo de produção bienal é uma característica inata do cafeeiro, que se refere à alternância anual de alta e baixa frutificação. Isso significa que sempre há um ano em que a quantidade de frutos aumenta e, posteriormente, diminui no ano seguinte (Silva e Reis, 2013).

Isso ocorre devido à redução das reservas das plantas nos anos de alta produtividade, o que resulta no menor crescimento dos ramos plagiotrópicos e na produtividade do ano seguinte. Desse modo, nos anos de alta produtividade, a produção de fotossintetizados é direcionada à formação e enchimento dos frutos. Nos anos de baixa produtividade estes são destinados ao desenvolvimento de novas gemas, que formarão novos ramos. O ciclo bienal ocorre tanto na espécie *C. arabica* como em *C. canephora*, sendo mais pronunciada na primeira espécie. Desta forma, o cafeeiro cresce em um ano e frutifica no ano seguinte (Mendonça *et al.*, 2011; Pereira *et al.*, 2011).

Esse fato afeta a oferta do produto e conseqüentemente causa certa instabilidade nos preços de mercado, o que traz problemas para a política cafeeira do país e para os produtores em geral, pois exige planejamento de armazenamento e manejo de uma safra a outra para não prejudicar sua rentabilidade (Silva e Reis, 2013).

3.2. Fertilizantes organominerais e minerais

A demanda dos macronutrientes primários para a produção de uma saca e a vegetação do cafeeiro, em um hectare, é igual a 6,2; 0,61 e 5,9 kg, respectivamente para N, P₂O₅ e K₂O, dos quais 3,6; 0,38 e 2,9 kg atendem à necessidade para a vegetação da cultura (Matiello *et al.*, 2010).

Para suprir as exigências nutricionais das culturas, os fertilizantes organominerais vêm sendo muito utilizados. A legislação vigente classifica este adubo como resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos. O Ministério da

Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa, 2020) tem registrado diversos fertilizantes organominerais que, em sua formulação, associam resíduos de dejetos animais e compostos orgânicos, como turfas e fontes minerais como fertilizantes solúveis e agrominerais.

Desse modo, os fertilizantes organominerais são classificados em Classes A e B de acordo com as matérias-primas utilizadas na sua produção (origem vegetal, animal ou de processamentos da agroindústria, podendo apresentar ausência ou presença de metais pesados tóxicos, lixo domiciliar ou ainda matéria-prima oriunda do tratamento de despejos sanitários). Algumas garantias mínimas também são estabelecidas na legislação. Para os produtos sólidos deve haver no mínimo 8% de carbono orgânico, máximo de 20% de umidade, com a CTC de, no mínimo, 80 mmolckg⁻¹ e, no mínimo, 5% dos macronutrientes declarados para os produtos com macronutrientes primários (Mapa, 2020).

O fertilizante organomineral é caracterizado por um potencial químico reativo relativamente menor do que o fertilizante mineral convencional, sendo sua solubilização gradativa durante o desenvolvimento da cultura, portanto, sua eficiência agrônômica pode ser maior em comparação com fontes minerais solúveis (Kiehl, 2008). Em estudo realizado por Teixeira *et al.* (2011), foi observado nas culturas de milho e soja, um aumento de 20% na produção de matéria seca quando se utilizou fertilizante organomineral em comparação com uma fonte mineral.

Os fertilizantes organominerais apresentam menor perda de nutrientes, seja por lixiviação e/ou volatilização, o que melhora seu aproveitamento pelas plantas, pois o componente orgânico do fertilizante, seja turfa, dejetos animais, compostos orgânicos ou resíduos da indústria agrícola, ajudam a melhorar a capacidade do solo em trocar cátions. Assim, o fertilizante organomineral pode ser aplicado de uma só vez, enquanto para os minerais é recomendável fracionar a aplicação para reduzir perdas e aumentar a eficiência de uso (Zonta, Stafanato, Pereira, 2021).

A eficiência de utilização de nutrientes pelas plantas é maior quando são utilizados fertilizantes organominerais em comparação aos adubos minerais convencionais. Segundo Laforet (2013), o aproveitamento dos nutrientes dos organominerais é de 70% para N, mais de 50% para P e 80% para K, enquanto para minerais é de 50% para N, de 20% a 50% para P e 60% para K. A presença de matéria orgânica no solo permite reduzir as perdas de nutrientes e, conseqüentemente, aumentar a eficiência de aproveitamento de nutrientes pelas plantas.

Ulsenheimer *et al.* (2016) detectaram diferenças significativas na produtividade do milho com o uso de fertilizantes especiais, havendo um incremento de 13% com a utilização do fertilizante organomineral em relação ao mineral.

No que se refere aos fertilizantes minerais, foi uma inovação que possibilitou a industrialização da agricultura, inicialmente na Europa e na América do Norte e, posteriormente, em países em desenvolvimento. A Revolução Verde (período de invenção e difusão de novas práticas agrícolas, com uso intensivo de insumos industriais, mecanização e redução do uso de mão-de-obra) introduziu práticas agrícolas ocidentais em outras regiões, dando origem a um mercado global de fertilizantes multibilionário (Almeida e Volotão, 2020).

Os fertilizantes nitrogenados comuns que prevalecem no mercado brasileiro contêm nitrogênio em uma forma solúvel e prontamente disponível. Nesses fertilizantes, o nutriente é encontrado principalmente nas formas amoniacal, nitrogenada e amida e também pode fornecer cálcio, magnésio e enxofre (Zonta, Stafanato, Pereira, 2021).

Atualmente, a ureia representa aproximadamente 60% dos fertilizantes nitrogenados empregados na agricultura brasileira, sendo mais utilizado na superfície ou aplicação incorporada ao solo. No entanto, devido à sua alta solubilidade, a ureia também pode ser dissolvida em água e aplicada no solo, adicionada à água de irrigação ou pulverizada nas folhas das plantas (Zonta, Stafanato, Pereira, 2021).

Dentre as fontes de fósforo disponíveis no mercado, os fertilizantes fosfatados totalmente acidificados ocupam posição de destaque, principalmente devido ao baixo custo por unidade do nutriente presente nestes produtos. Dentre eles, destacam-se os superfosfatos simples e triplos, bem como o fosfato monoamoniaco (MAP) e o fosfato diamoniaco (DAP). Esses fertilizantes podem ser utilizados tanto na forma de adubos minerais simples quanto em mistura com outras fontes de nutrientes como nitrogênio e potássio (Zonta, Stafanato, Pereira, 2021).

O cloreto de potássio (KCl) é a fonte de potássio mais utilizada, pois é o produto com maior concentração de K_2O , e seu processo de produção é o que apresenta o menor custo em comparação com outros fertilizantes. Assim como o nitrogênio (N) e o fósforo (P), a maioria dos fertilizantes potássicos utilizados na agricultura brasileira são importados. Atualmente, o Brasil importa cerca de 95% dos fertilizantes potássicos utilizados, sendo a grande maioria na forma de cloreto de potássio (Zonta, Stafanato, Pereira, 2021).

Dessa forma, uma vez que a maior parte dos adubos utilizados na agricultura brasileira é proveniente de importações, boas práticas de uso dos fertilizantes tornam-se necessárias para uma adubação mais racional, eficiente e equilibrada.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização da área experimental

O experimento foi realizado no município de Monte Carmelo, na Fazenda Araras, localizada nas coordenadas 18° 42' 55.7" S, 47°32'45.7" W e altitude de 888 m. A lavoura cafeeira (*C. arabica*) foi instalada em janeiro de 2019, utilizando-se a cultivar IPR 100, que tem como principais características a resistência ao nematoide *Meloidogyne paranaensis* e apresenta maturação super tardia, podendo favorecer o escalonamento da colheita (Embrapa, 2012). O espaçamento foi de 3,70 m entre linhas e 0,6 m entre plantas. Na área foi utilizada a irrigação por sistema de gotejamento, com emissores espaçados em 0,70 m.

4.2 Características da região e análise química do solo

A classificação do clima é Aw, segundo Köppen, apresentando estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (Martins *et al.*, 2018). A temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C. As precipitações são superiores a 750 mm anuais, atingindo 1.800 mm (Embrapa, 2018). O solo da região é caracterizado como Latossolo Vermelho distroférico (Santos *et al.*, 2018).

Durante todo o período de avaliação do experimento, amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-20 cm para análise química e posterior recomendação de adubação. A primeira análise de solo foi efetuada na área antes da diferenciação dos tratamentos, realizada em outubro de 2022, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Análise química do solo em outubro de 2022 na profundidade de 0 a 20 cm

Característica	2022
pH	5,0
Fósforo (P) – mg dm ⁻³	7,4
Potássio (K) – cmolc dm ⁻³	0,47
Cálcio (Ca ²⁺) – cmolc dm ⁻³	3,34
Magnésio (Mg ²⁺) – cmolc dm ⁻³	0,6
H+Al – cmolc dm ⁻³	3,80
Alumínio (Al ³⁺) – cmolc dm ⁻³	0,0
Soma de bases trocáveis (SB) – cmolc dm ⁻³	4,45
CTC (T) – cmolc dm ⁻³	8,25
Índice de saturação por bases (V) - %	54,0
Matéria orgânica (MO) – dag kg ¹	2,5
Carbono orgânico – dag kg ¹	1,4
Zinco (Zn) –mg dm ⁻³	5,2
Ferro (Fe) – mg dm ⁻³	13,0
Manganês (Mn) – mg dm ⁻³	40,7
Cobre (Cu) – mg dm ⁻³	3,1
Boro (B) – mg dm ⁻³	0,34

pH = CaCl₂; P = Meh, K, Ca, Mg, Al = NH₄Cl; S= fosfato de cálcio; B = água quente; Cu, Fe, Mn, Zn = DTPA.

4.3 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 3 x 4, totalizando doze tratamentos, correspondentes a fontes e doses de fertilizantes mineral e organomineral aplicados ao cafeeiro em produção, conforme descrito na Tabela 2. Nos tratamentos que possuíam fertilizante mineral convencional, as adubações foram parceladas em três vezes, realizadas nos meses de novembro e dezembro de 2022 e janeiro de 2023. Nos tratamentos com fertilizantes organominerais, a adubação foi parcelada em duas vezes, nos meses de novembro e dezembro de 2022 (Figura 1).

Tabela 2. Descrição dos tratamentos referentes a fontes e doses de adubo mineral e organomineral aplicados no cafeeiro

Tratamento	Formulação	Dose (%)
T1- Mineral convencional		50
T2- Mineral convencional	(00-00-60) (12-52-00) (45-00-00)	75
T3- Mineral convencional		100
T4- Mineral convencional		125
T5- Organomineral A		50
T6- Organomineral A	(13-00-00) (06-30-00) (00-00-40)	75
T7- Organomineral A		100
T8- Organomineral A		125
T9- Organomineral B		50
T10- Organomineral B	(00-00-35) (05-25-00) (25-00-00)	75
T11- Organomineral B		100
T12- Organomineral B		125



Figura 1. Adubação das parcelas experimentais.

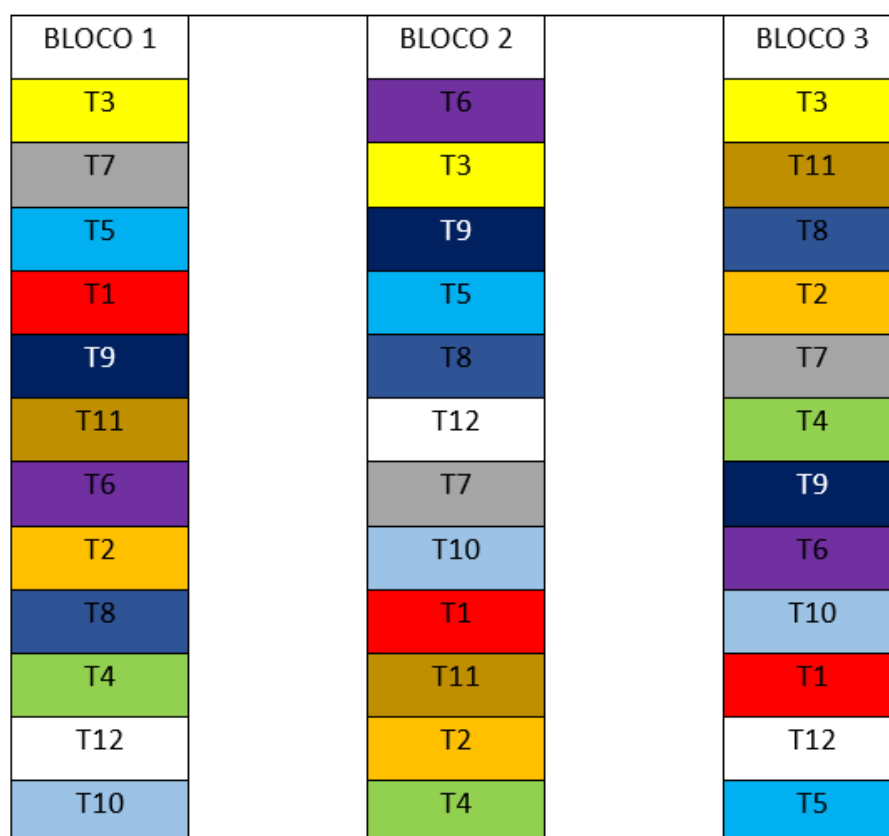
Na tabela 3 são apresentadas as quantidades de nitrogênio, fósforo e potássio que foram aplicados em cada tratamento em quilograma por hectare.

Tabela 3. Descrição das doses de nutrientes aplicadas em cada tratamento no cafeeiro

Tratamento	N (Kg por ha ⁻¹)	P ₂ O ₅ (Kg por ha ⁻¹)	K ₂ O (Kg por ha ⁻¹)
Dose de 50 % (T1, T5 e T9)	150,0	33,75	75,0
Dose de 75% (T2, T6 e T10)	225,0	50,63	112,5
Dose de 100% (T3, T7 e T11)	300,0	67,5	150,0
Dose de 125% (T4, T8 e T12)	375,0	84,37	187,5

T1, T2, T3 e T4: fertilizante mineral convencional; T5, T6, T7 e T8: organomineral A e T9, T10, T11 e T12: organomineral B.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com três blocos, conforme a Figura 2, totalizando 36 parcelas. Cada parcela foi constituída por seis plantas, consideradas úteis as quatro plantas centrais. A área experimental apresentou 216 plantas.

**Figura 2.** Croqui da área experimental.

4.4 Parâmetros avaliados

Os parâmetros vegetativos altura, diâmetro de copa da planta e número de ramos plagiotrópicos foram avaliados nos meses de dezembro de 2022 e março, junho e setembro de 2023. A altura foi medida com régua do nível do solo até o ponto de inserção da gema terminal, em centímetros (Figura 3). Do mesmo modo, o diâmetro de copa foi avaliado com régua, tomando-se como padrão de medida os dois ramos no sentido das entrelinhas que apresentaram o maior comprimento. Também foram quantificados os ramos produtivos primários do cafeeiro.



Figura 3. Medição da altura das plantas de cafeeiros.

Para caracterização da fertilidade do solo foram coletadas amostras de solo entre 0-20 cm em março de 2023 (Figura 4 e 5). Em cada parcela, na projeção da copa do cafeeiro foram coletados dois pontos que foram homogeneizados e posteriormente levados ao laboratório para análise. No laboratório, as amostras foram secas ao ar, logo depois peneiradas em malha de 2 mm, para determinação dos seguintes atributos: pH (Água); P (Resina), K (Resina), Ca (Resina), Mg (Resina), Matéria Orgânica (Dicromato de Sódio e Ácido Sulfúrico), saturação por bases e capacidade de troca de cátions potencial.



Figura 4. Coleta de amostras de solo.



Figura 5. Amostras coletadas.

A produtividade da safra 2023 foi quantificada nas quatro plantas centrais de cada parcela experimental. A colheita ocorreu em julho de 2023 quando os cafeeiros possuíam no máximo 10% de frutos verdes, por meio de derriça no pano, como observado nas Figuras 6 e 7.



Figura 6. Colheita com a derriçadora.



Figura 7. Café colhido no pano.

Após a determinação do volume produzido pela parcela, realizou-se a retirada de uma amostra de 7 litros que foi seca em terreiro de concreto (Figura 8).



Figura 8. Amostras de café no terreiro para secagem.

Após o café atingir umidade de 11%, determinado em um medidor de umidade GEHAKA® modelo 610i, foram avaliadas a massa e o volume do café em coco. Posteriormente, as amostras foram beneficiadas (Figura 9), e novamente foram determinados a massa, o volume e a umidade do café. A relação do volume inicial colhido no pano, o volume da amostra de 7 L do café colhido no pano e a massa da amostra já beneficiada forneceu a produtividade em quilo por parcela, que foi extrapolada para sacas por hectare (Fernandes *et al.*, 2020). Também foram determinados o rendimento (litros de “café da roça” para compor uma saca de 60 kg de café beneficiado).



Figura 9. Beneficiamento das amostras.

Para realizar a análise da qualidade da bebida, realizou-se a separação de 3 L de café cereja por tratamento, que após a secagem foram levadas para análise sensorial na Fundação Procafé, seguindo a metodologia da *Specialty Coffee Association of America* (Scaa, 2008).

4.5 Análise dos dados

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F, a 5% de probabilidade, após o atendimento das pressuposições de normalidade dos resíduos, homocedasticidade e aditividade de blocos pelo teste de Tukey, todos a 5% de probabilidade. Detectadas diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey. As análises estatísticas foram realizadas com o programa computacional SISVAR (Ferreira, 2019).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Parâmetros vegetativos

Em relação à altura de plantas, houve diferença significativa na interação dos fatores fertilizantes e doses nos meses de março e junho de 2023, ao nível de significância de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste F. Para os demais meses, não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para altura de cafeeiros ao longo das quatro avaliações em função de fontes e doses de fertilizantes

FV	GL	Quadrado médio			
		Altura (dezembro)	Altura (março)	Altura (junho)	Altura (setembro)
Fertilizantes	2	29,25 ^{ns}	495,63 ^{**}	234,0 ^{**}	13,71 ^{ns}
Doses	3	43,64 ^{ns}	49,40 ^{ns}	39,74 ^{ns}	41,38 ^{ns}
Interação	6	29,50 ^{ns}	52,75 [*]	79,48 ^{**}	29,21 ^{ns}
Bloco	2	727,55 ^{**}	8,14 ^{ns}	13,12 ^{ns}	353,27 ^{**}
Erro	22	29,42	19,21	14,36	43,01
CV (%)		3,45	2,58	2,15	3,71

ns, ** e *: não significativo e significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente pelo teste F. FV: Fonte de Variação; GL: grau de liberdade; QM: quadrado médio; CV: coeficiente de variação

Após um mês da primeira adubação (dezembro), foi possível observar que não houve diferença significativa entre os tratamentos para altura de plantas, apresentando

média de 159,36 cm. No mês de setembro de 2023, também não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos e os cafeeiros apresentaram altura média de 177,76 cm (Tabela 5).

Tabela 5. Altura média (cm) de cafeeiros em função de fontes e doses de fertilizantes nos meses de dezembro de 2022 e setembro de 2023

Tratamentos	Altura (dezembro)	Altura (setembro)
T1- Mineral convencional 50 %	151,75 a	174,25 a
T2- Mineral convencional 75%	159,83 a	172,83 a
T3- Mineral convencional 100%	157,92 a	179,92 a
T4- Mineral convencional 125%	155,42 a	177,75 a
T5- Organomineral A 50%	161,50 a	179,33 a
T6- Organomineral A 75 %	160,67 a	174,25 a
T7- Organomineral A 100%	155,75 a	177,42 a
T8- Organomineral A 125%	158,67 a	181,08 a
T9- Organomineral B 50%	151,75 a	172,25 a
T10- Organomineral B 75%	159,83 a	178,17 a
T11- Organomineral B 100%	155,42 a	173,67 a
T12- Organomineral B 125%	159,92 a	180,33 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste F ao nível de 5% de significância.

Na segunda avaliação referente ao mês de março, as fontes com dose de 50% não obtiveram diferenças significativas, porém, nas doses de 75% e 100%, o organomineral A proporcionou média superior para altura das plantas em relação aos demais fertilizantes, e na dose de 125% as fontes mineral convencional e organomineral A apresentaram um acréscimo de 14,9 cm em relação ao organomineral B. Utilizando a fonte mineral convencional, a dose de 125% proporcionou maior altura de plantas em relação à dose de 75%. Não houve diferenças significativas entre as doses testadas utilizando o fertilizante organomineral A, enquanto no organomineral B a dose de 50% proporcionou maior desenvolvimento do cafeeiro em relação à dose de 125% (Tabela 6).

Tabela 6. Altura média (cm) de cafeeiros em função de fontes e doses de fertilizantes referentes ao mês de março

Fontes	Doses			
	50%	75%	100%	125%
Mineral Convencional	170,10 aAB	162,10 bB	168,36 bAB	175,16 aA
Organomineral A	175,93 aA	176,70 aA	177,43 aA	176,36 aA
Organomineral B	170,86 aA	161,63 bAB	162,00 bAB	160,86 bB

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Na terceira avaliação realizada no mês de junho, utilizando diferentes fontes com doses de 50% não foi possível notar diferença significativa para altura das plantas. Nas doses de 75% e 100%, o organomineral A foi superior às demais fontes, e aplicando a dose de 125%, as fontes mineral convencional e organomineral A apresentaram médias superiores em relação ao organomineral B com um acréscimo de 13,4 cm na altura. Utilizando a fonte mineral convencional, a dose de 125% apresentou média superior às doses de 75% e 100%. Já na fonte organomineral A não foi possível observar diferenças significativas entre as médias dos tratamentos e no organomineral B a dose de 50% foi superior às doses de 75% e 125% para a característica altura das plantas (Tabela 7).

Tabela 7. Altura média (cm) de cafeeiros em função de fontes e doses de fertilizantes referentes ao mês de junho

Fontes	Doses			
	50%	75%	100%	125%
Mineral Convencional	176,10 aAB	167,86 bB	173,36 bB	182,13 aA
Organomineral A	179,43 aA	181,60 aA	184,13 aA	180,96 aA
Organomineral B	180,43 aA	171,43 bB	172,76 bAB	168,10 bB

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância

Em experimento conduzido por Mota *et al.* (2023) com a cultura do cafeeiro, utilizando a cultivar Mundo Novo, verificou-se que doses do fertilizante organomineral de 127% e 140% da recomendação de referência proporcionaram altura e diâmetro de caule máximo das plantas. Além disso, a eficiência de utilização do potássio foi aumentada com a aplicação de organominerais em relação às fontes minerais.

Para o diâmetro de copa, não houve diferenças significativas na interação dos fatores aos níveis de 5% de probabilidade nas diferentes épocas de avaliação. Entretanto, verificou-se diferença entre as fontes de fertilizantes no mês de dezembro (Tabela 8).

Tabela 8. Resumo da análise de variância para diâmetro de copa de cafeeiros ao longo das quatro avaliações em função de fontes e doses de fertilizantes

FV	GL	Quadrado médio			
		Diâmetro de copa (dezembro)	Diâmetro de copa (março)	Diâmetro de copa (junho)	Diâmetro de copa (setembro)
Fertilizantes	2	108,97*	14,98 ^{ns}	17,42 ^{ns}	44,80 ^{ns}
Doses	3	70,77 ^{ns}	42,12 ^{ns}	35,46 ^{ns}	10,66 ^{ns}
Interação	6	35,69 ^{ns}	41,27 ^{ns}	31,83 ^{ns}	19,71 ^{ns}
Bloco	2	362,01**	200,64**	248,22**	241,40**
Erro	22	25,76	29,69	42,91	42,41
CV (%)		2,8	2,98	3,55	3,44

Ns, ** e *: não significativo e significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente pelo teste F. FV: Fonte de Variação; GL: grau de liberdade; QM: quadrado médio; CV: coeficiente de variação.

Na primeira avaliação realizada no mês de dezembro empregando a dose de 50%, plantas adubadas com os fertilizantes mineral convencional e organomineral A apresentaram maiores médias de diâmetro de copa em relação ao organomineral B, representando um incremento médio de 12,13 cm (Tabela 9).

Tabela 9. Diâmetro de copa médio - DC (cm) de cafeeiros em função de fontes e doses de fertilizantes referentes ao mês de dezembro

Fontes	Doses			
	50%	75%	100%	125%
Mineral Convencional	177,00 aA	180,33 aA	175,33 aA	178,42 aA
Organomineral A	175,42 aA	179,92aA	173,50aA	170,75aA
Organomineral B	164,08 bB	176,00 aA	172,83 aA	174,08 aA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e da mesma letra maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Entretanto, nas avaliações subsequentes, as médias dos tratamentos não apresentaram diferenças significativas entre si (Tabela 10).

Tabela 10. Diâmetro de copa médio - DC (cm) de cafeeiros em função de fontes e doses de fertilizantes nos meses de março, junho e setembro de 2023

Tratamentos	DC (março)	DC (junho)	DC (setembro)
T1- Mineral convencional 50 %	186,25 a	187,50 a	183,00 a
T2- Mineral convencional 75%	185,67 a	187,83 a	183,50 a
T3- Mineral convencional 100%	178,75 a	181,25 a	184,25 a
T4- Mineral convencional 125%	184,00 a	186,08 a	186,25 a
T5- Organomineral A 50%	186,17 a	187,75 a	184,50 a
T6- Organomineral A 75 %	187,58 a	189,50 a	186,17 a
T7- Organomineral A 100%	181,25 a	182,67 a	181,25 a
T8- Organomineral A 125%	176,58 a	179,42 a	181,00 a
T9- OrganomineralB 50%	178,58 a	181,75 a	176,33 a
T10- OrganomineralB 75%	182,33 a	182,92 a	181,50 a
T11- OrganomineralB 100%	181,17 a	183,08 a	181,00 a
T12- OrganomineralB 125%	183,75 a	185,42 a	182,75 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste F ao nível de 5% de significância.

Para número de ramos plagiotrópicos não foi possível observar diferenças significativas entre os tratamentos nas diferentes épocas de avaliação (Tabela 11).

Tabela 11. Resumo da análise de variância para número de ramos plagiotrópicos de cafeeiros ao longo de quatro avaliações de crescimento em função de fontes e doses de fertilizantes

FV	GL	Quadrado médio			
		Número de ramos (dezembro)	Número de ramos (março)	Número de ramos (junho)	Número de ramos (setembro)
Fertilizantes	2	4,36 ^{ns}	8,58 ^{ns}	12,33 ^{ns}	10,08 ^{ns}
Doses	3	3,13 ^{ns}	3,00 ^{ns}	1,21 ^{ns}	44,76 ^{ns}
Interação	6	3,80 ^{ns}	5,25 ^{ns}	12,51 ^{ns}	20,82 ^{ns}
Bloco	2	156,36 ^{**}	165,33 ^{**}	46,08 ^{ns}	9,75 ^{ns}
Erro	22	16,14	16,93	30,50	74,26
CV (%)		5,50	4,99	6,27	9,23

ns: não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

FV: Fonte de Variação; GL: grau de liberdade; QM: quadrado médio; CV: coeficiente de variação

A média de ramos plagiotrópicos primários observados por planta foi de 72,86, 82,29, 87,92 e 93,42, respectivamente nos meses de dezembro, março, junho e setembro (Tabela 12).

Tabela 12. Número médio de ramos plagiotrópicos primários de cafeeiros em função de fontes e doses de fertilizantes

Tratamentos	NR	NR	NR	NR
	(dezembro)	(março)	(junho)	(setembro)
T1- Mineral convencional 50 %	72,08 a	80,92 a	87,08 a	96,67 a
T2- Mineral convencional 75%	73,17 a	82,17 a	86,33 a	89,67 a
T3- Mineral convencional 100%	73,67 a	83,50 a	88,42 a	92,33 a
T4- Mineral convencional 125%	73,83 a	83,33 a	88,33 a	95,00 a
T5- Organomineral A 50%	73,08 a	82,08 a	88,75 a	95,67 a
T6- Organomineral A 75 %	74,92 a	84,58 a	87,83 a	88,00 a
T7- Organomineral A 100%	72,83 a	83,17 a	89,83 a	96,00 a
T8- Organomineral A 125%	72,00 a	82,33 a	89,83 a	97,67 a
T9- Organomineral B 50%	72,83 a	82,00 a	88,67 a	93,00 a
T10- Organomineral B 75%	73,08 a	82,58 a	89,75 a	93,33 a
T11- Organomineral B 100%	70,67 a	79,33 a	84,17 a	91,33 a
T12- Organomineral B 125%	72,17 a	81,50 a	86,00 a	92,33 a

NR – Número de ramos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste F ao nível de 5% de significância.

5.2 Produtividade, rendimento e análise sensorial

No que diz respeito à produtividade e ao rendimento de café roça/beneficiado, não foram detectadas diferenças significativas entre as médias dos tratamentos ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste F (Tabela 13).

Tabela 13. Resumo da análise de variância para a produtividade e rendimento roça/beneficiado de cafeeiros em função de fontes e doses de fertilizantes

FV	GL	Quadrado médio	
		Produtividade	Roça beneficiado
Fertilizantes	2	255,41 ^{ns}	1337,09 ^{ns}
Doses	3	284,67 ^{ns}	1290,73 ^{ns}
Interação	6	26,74 ^{ns}	471,00 ^{ns}
Bloco	2	1345,12 ^{**}	1781,63 ^{ns}
Erro	22	102,86	968,64
CV (%)		11,73	8,03

ns: não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. **: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. FV: Fonte de Variação; GL: grau de liberdade; QM: quadrado médio; CV: coeficiente de variação

A lavoura apresentou produtividade média de 86,44 sacas por hectare, sendo considerada elevada, pois o estado de Minas Gerais apresentou média de 26,8 sacas por hectare de acordo com a Conab (2024). O manejo adequado da lavoura, aliado ao uso da irrigação e condições edafoclimáticas favoráveis favoreceram a produção de frutos. O rendimento médio foi de 387,56 L de café da roça para compor uma saca de 60 kg beneficiada (Tabela 14), obtido em função da elevada porcentagem de frutos nos estádios passa e seco, sendo respectivamente 15,29% e 57,59% no momento da colheita. Além disso, a alta porcentagem de grãos de café na categoria chato graúdo (48,79%) proporcionou elevado rendimento da lavoura.

Tabela 14. Produtividade média (sacas ha⁻¹) e rendimento café roça/beneficiado (L para compor uma saca de 60 kg) de cafeeiros em função de fontes e doses de fertilizantes

Tratamentos	Produtividade (sacas ha ⁻¹)	Roça beneficiado
T1- Mineral convencional 50 %	81,69 a	393,77 a
T2- Mineral convencional 75%	98,26 a	383,48 a
T3- Mineral convencional 100%	94,68 a	364,15 a
T4- Mineral convencional 125%	91,46 a	361,57 a
T5- Organomineral A 50%	83,39 a	410,99 a
T6- Organomineral A 75 %	92,10 a	382,75 a
T7- Organomineral A 100%	85,69 a	394,34 a
T8- Organomineral A 125%	80,03 a	375,71 a
T9- Organomineral B 50%	75,53 a	396,34 a
T10- Organomineral B 75%	90,17 a	391,19 a
T11- Organomineral B 100%	82,85 a	417,80 a
T12- Organomineral B 125%	81,54 a	378,67 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste F ao nível de 5% de significância.

A alta produtividade obtida também pode ser justificada pela bienalidade positiva na lavoura, aliado aos altos teores de nutrientes que se encontravam no solo. Todos esses fatores podem ter condicionado neste ano a não significância entre os tratamentos.

Porém, em trabalho semelhante conduzido com a cultura do cafeeiro, com a cultivar Catuaí Vermelho, Fonseca *et al.* (2022) observaram que os tratamentos à base de fertilizante organomineral na dose de 100% obtiveram produtividade significativamente superior ao fertilizante mineral convencional na mesma dose padrão. Já na pesquisa de Rezende *et al.* (2023), também não foram detectadas diferenças nos parâmetros produtivos do cafeeiro, cultivar MGS Paraíso 2, com uso da adubação mineral e organomineral.

No que se refere à qualidade de bebida, de acordo com a metodologia SCAA, todos os tratamentos obtiveram classificação *premium*, exceto os tratamentos mineral convencional 50%, organomineral A 100% e o organomineral B 75%, se enquadrando na categoria abaixo de *premium* (Tabela 15).

Tabela 15. Pontuação média de qualidade de bebida para os diferentes tratamentos

Tratamentos	Notas	Classificação
T1- Mineral convencional 50 %	79,75	Abaixo de <i>premium</i>
T2- Mineral convencional 75%	80,50	<i>Premium</i>
T3- Mineral convencional 100%	81,75	<i>Premium</i>
T4- Mineral convencional 125%	82,00	<i>Premium</i>
T5- Organomineral A 50%	80,00	<i>Premium</i>
T6- Organomineral A 75 %	82,25	<i>Premium</i>
T7- Organomineral A 100%	79,50	Abaixo de <i>premium</i>
T8- Organomineral A 125%	80,50	<i>Premium</i>
T9- Organomineral B 50%	80,50	<i>Premium</i>
T10- Organomineral B 75%	79,50	Abaixo de <i>premium</i>
T11- Organomineral B 100%	80,25	<i>Premium</i>
T12- Organomineral B 125%	80,25	<i>Premium</i>

Na pesquisa efetuada por Silva (2017), foi constatado que não houve diferença significativa na qualidade de bebida do café, cultivar Oeiras, entre os tratamentos organomineral, mineral convencional e mineral convencional de liberação lenta.

5.3 Análise de solo

De acordo com a Tabela 16, os níveis de matéria orgânica, saturação por bases (V), CTC potencial (T) e pH em água não obtiveram diferenças significativas entre os fatores analisados.

Tabela 16. Resumo da análise de variância para matéria orgânica, saturação por bases, capacidade de troca de cátions potencial e pH em água em função de fontes e doses de fertilizantes

FV	GL	Quadrado médio			
		Matéria Orgânica	V	T	pH Água
Fertilizantes	2	0,02 ^{ns}	101,86 ^{ns}	1,38 ^{ns}	0,032 ^{ns}
Doses	3	0,02 ^{ns}	44,85 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,006 ^{ns}
Interação	6	0,07 ^{ns}	21,04 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,005 ^{ns}
Bloco	2	0,13 ^{ns}	622,19 ^{**}	9,94 ^{**}	0,077 [*]
Erro	22	0,06	65,80	0,69	0,015
CV (%)		9,01	14,13	13,12	2,18

Ns, ** e *: não significativo e significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente pelo teste F. FV: Fonte de Variação; GL: grau de liberdade; QM: quadrado médio; CV: coeficiente de variação; V: saturação por bases; T: capacidade de troca de cátions potencial.]

Em relação à primeira análise de solo efetuada na área, antes da diferenciação das doses e fontes de fertilizantes (Tabela 1), todos os tratamentos apresentaram um aumento nos níveis de matéria orgânica, com média de 2,79 dag Kg⁻¹ (Tabela 17), se enquadrando nos níveis ideais recomendados para o cafeeiro, entre 2,1 a 4,5 dag Kg⁻¹ (Guimarães *et al.*, 1999).

Tabela 17. Matéria orgânica (dag Kg⁻¹), saturação por bases (V%), capacidade de troca de cátions (T) (cmol dm⁻³) e pH em água do solo em função de fontes e doses de fertilizantes

Tratamentos	Matéria Orgânica (dag Kg ¹)	V (%)	T (cmol dm ⁻³)	pH H ₂ O
T1- Mineral convencional 50 %	2,57 a	57,33 a	6,29 a	5,67 a
T2- Mineral convencional 75%	2,77 a	63,67 a	7,11 a	5,77 a
T3- Mineral convencional 100%	3,00 a	63,33 a	7,06 a	5,77 a
T4- Mineral convencional 125%	2,87 a	58,67 a	6,26 a	5,80 a
T5- Organomineral A 50%	2,87 a	53,33 a	5,95 a	5,60 a
T6- Organomineral A 75 %	2,80 a	60,33 a	6,88 a	5,70 a
T7- Organomineral A 100%	2,70 a	51,67 a	5,23 a	5,63 a
T8- Organomineral A 125%	2,97 a	57,00 a	5,95 a	5,67 a
T9- Organomineral B 50%	2,77 a	56,67 a	6,04 a	5,70 a
T10- Organomineral B 75%	2,73 a	58,00 a	6,47 a	5,67 a
T11-Organomineral B 100%	2,87 a	53,67 a	6,59 a	5,67 a
T12- Organomineral B 125%	2,60 a	55,83 a	6,55 a	5,67 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste F ao nível de 5% de significância.

Todos os valores da saturação por bases (V) se mantiveram superior a 50% (Tabela 17). Em trabalho semelhante publicado por Resende *et al.* (2023), também não foi evidenciada diferença significativa entre os tratamentos contendo doses de fertilizante organomineral e mineral para este atributo químico.

Para CTC potencial (T) não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos, com média de 6,37 cmol dm⁻³ (Tabela 17). Esse valor é considerado adequado de acordo com Ribeiro *et al.* (1999), que recomenda valores entre 4,31 a 8,60 cmol dm⁻³. Solos ricos em matéria orgânica contribuem significativamente para elevação da CTC do solo (Embrapa, 2010). Desta forma, o uso contínuo dos fertilizantes organominerais por várias safras, pode possibilitar aumento da matéria orgânica e conseqüentemente da CTC.

O pH em água também não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, com média de 5,59 (Tabela 17). Porém, relacionando com o pH inicial (Tabela 1) é possível observar que os níveis aumentaram, ou seja, provavelmente o uso de corretivos, assim como a utilização de fontes de fertilizantes que promoveram redução da acidificação do solo, contribuíram para o aumento dos valores de pH. Em trabalho publicado por Resende *et al.* (2023), foram observados maiores valores de pH em água no tratamento padrão fazenda e com a utilização de 70% do fertilizante mineral, sendo significativamente maiores em relação aos observados nas doses de 100% e 50% do fertilizante organomineral.

Verificou-se efeito significativo de doses de fertilizantes somente para o teor de fósforo no solo. Para os teores de potássio, cálcio e magnésio, não foram detectadas diferenças significativas entre fontes e doses ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste F (Tabela 18).

Tabela 18. Resumo da análise de variância para teor de fósforo, potássio, cálcio e magnésio no solo em função de fontes e doses de fertilizantes

FV	GL	Quadrado médio			
		Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
Fertilizantes	2	44,83 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,11 ^{ns}
Doses	3	1365,49*	0,006 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,09 ^{ns}
Interação	6	267,97 ^{ns}	0,023 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Bloco	2	4757,13**	0,004 ^{ns}	7,16**	0,85**
Erro	22	355,31	0,024	0,49	0,059
CV (%)		36,17	32,24	28,91	29,63

Ns, ** e *: não significativo e significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente pelo teste F. FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; QM: quadrado médio; CV: coeficiente de variação; V: saturação por bases; T: capacidade de troca de cátions potencial.

O teor médio de potássio no solo foi de 0,62 cmolc dm⁻³, sendo superior ao recomendado por Guimarães *et al.* (1999), que consideram 0,30 e 0,51 cmolc dm⁻³ o intervalo adequado (Tabela 19).

Tabela 19. Teores médios de potássio, cálcio e magnésio (cmolc dm⁻³) no solo em função de fontes e doses de fertilizantes

Tratamentos	Potássio (cmolc dm ⁻³)	Cálcio (cmolc dm ⁻³)	Magnésio (cmolc dm ⁻³)
T1- Mineral convencional 50 %	0,57 a	2,29 a	0,78 a
T2- Mineral convencional 75%	0,44 a	3,13 a	1,09 a
T3- Mineral convencional 100%	0,35 a	3,05 a	1,05 a
T4- Mineral convencional 125%	0,47 a	2,47 a	0,80 a
T5- Organomineral A 50%	0,41 a	2,06 a	0,70 a
T6- Organomineral A 75 %	0,55 a	2,79 a	0,96 a
T7- Organomineral A 100%	0,54 a	1,62 a	0,54 a
T8- Organomineral A 125%	0,53 a	2,20 a	0,79 a
T9- Organomineral B 50%	0,58 a	2,18 a	0,74 a
T10- Organomineral B 75%	0,39 a	2,59 a	0,88 a
T11-Organomineral B 100%	0,51 a	2,35 a	0,76 a
T12- Organomineral B 125%	0,49 a	2,41 a	0,79 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste F ao nível de 5% de significância.

Para o cálcio, foi detectada média de 2,4 cmolc dm⁻³ (Tabela 19) sendo esse valor adequado para o cultivo do cafeeiro, sendo recomendado de 2,4 a 4,0 cmolc dm⁻³ (Guimarães *et al.*, 1999).

O teor médio de magnésio no solo foi de 0,82 cmolc dm⁻³, abaixo do recomendado de 0,9 a 1,5 cmolc dm⁻³ de acordo com Guimarães *et al.* (1999). Esse baixo teor de magnésio pode causar a clorose entre as nervuras no limbo das folhas mais velhas (Favarin *et al.*, 2013).

Para o teor de fósforo no solo, foram detectadas diferenças significativas entre as doses de adubo, com superioridade da dose de 75% em relação à de 100% (Tabela 20). Os níveis adequados de fósforo se enquadram entre 30 a 40 mg dm⁻³. Desta forma, na dose de 100%, o teor médio de fósforo ficou abaixo do ideal. O fósforo (P) é considerado um nutriente de elevada importância para o cafeeiro e sua deficiência pode limitar a produção da cultura (Silvério, 2019). Porém, o valor médio do fósforo, de acordo com a Tabela 19, foi de 52,15 mg dm⁻³, indicando que houve um aumento nos níveis de fósforo relacionando com os valores iniciais da Tabela 1.

Tabela 20. Teor médio de fósforo no solo (mg dm^{-3}) em função de doses de fertilizantes

Doses	Teor médio de fósforo no solo (mg dm^{-3})
50%	52,75 ab
75%	67,36 a
100%	37,24 b
125%	51,11 ab

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Os grupos orgânicos presentes nos fertilizantes organominerais podem preencher os sítios de fixação de fósforo, tornando este nutriente mais disponível às plantas devido à redução das reações do fósforo com argilominerais e óxidos de ferro (Rossetto *et al.*, 2004). Os carreadores orgânicos presentes são capazes de melhorar a solubilidade dos compostos de fósforo (P) no solo, e liberar gradativamente este elemento para as plantas (Tiritan *et al.*, 2010).

Assim, analisando os parâmetros vegetativos e produtivos, fertilidade do solo e qualidade de bebida, é recomendada a utilização do fertilizante organomineral A empregando 75% da dose, em função do melhor custo-benefício e nos aspectos agronômicos do cafeeiro.

Entretanto, por se tratar de uma cultura perene e com bienalidade de produção, é necessário um maior período de condução do experimento para obtenção de resultados conclusivos sobre o efeito de doses e fontes nos parâmetros vegetativos e produtivos do cafeeiro.

6. CONCLUSÃO

Após um ano de condução do experimento, conclui-se que o uso de 75% e 100% da dose recomendada com fertilizante organomineral A proporciona superioridade no parâmetro altura das plantas em relação aos demais tratamentos. As fontes e doses de fertilizantes não influenciam os parâmetros produtivos, assim como os atributos químicos do solo, com exceção do teor de fósforo no solo.

Para qualidade de bebida, todos os tratamentos apresentaram classificação *premium*, exceto os fertilizantes mineral 50%, organomineral A 100% e organomineral B 75% que obtiveram a classificação abaixo de *premium*.

De modo geral, considerando a melhor relação custo-benefício e respostas dos parâmetros agronômicos, recomenda-se a utilização do organomineral A na dose de 75%.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. P.; VOLOTÃO, R. A. Produção nacional de fertilizantes: Estudo estratégico. **Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos**, p. 26, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/planalto/ptbr/assuntos/assuntosestrategicos/documentos/estudosesstrategicos/sae_publicacao_fertilizantes_v10.pdf>. Acesso em: 08 Abr. 2023.

BENITES, V. de M. et al. Produção de fertilizante organomineral granulado a partir de dejetos de suínos e aves no Brasil. Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 29., 2010, Guarapari. **Anais...** Viçosa: SBCS, 2010. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/954898>>. Acesso em: 25 Mar. 2023.

CÂNDIDO, A. O. et al. Fertilizantes organominerais no desenvolvimento inicial do cafeeiro arábica. VIII Simpósio de Pesquisa dos cafés do Brasil. **Anais...** Salvador, 2013.

CARVALHO, C. H. S. Cultivares de café. **Embrapa**, Brasília, p. 247, 2007.

COGO, N.P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R.A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 27, n. 4, p. 743-753, 2003.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café**, Brasília, DF, v. 11, n. 1, janeiro 2024. Disponível em <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>>. Acesso em: 10Fev. 2024.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café**, Brasília, DF, v. 10, n. 4, dezembro 2023. Disponível em <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>>. Acesso em: 05 Fev. 2024.

EMBRAPA. Café IPR 100. **Cultivar de café arábica resistente ao nematoide *Meloydogne paranaensis***. 2012.

EMBRAPA. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 26 p.

EMBRAPA. **Evolução da cafeicultura brasileira nas últimas duas décadas.** CBP&D/Café, Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café, p. 2018–2020, 2019.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2018. **Clima.** Disponível:<<https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>>. Acesso em: 09 Jun. 2023.

FAVARIN, J. L et al. Correção do magnésio no solo é essencial ao cafeeiro. **Revista Visão Agrícola**, v. 12, p. 76-8, 2013.

FERNANDES, M. I. D. 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.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, Anais... dec. 2019. ISSN 1983-0823. Disponível em: <<http://www.biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/450>>. Acesso em: 20 fev. 2024. doi: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>.

FONSECA, J. V. et al. Influência de doses e fonte de fertilizantes na produtividade do cafeeiro. **Revista Cerrado Agrocências**, v. 13, 2022.

GUIMARÃES, P.T.G. et al. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª ed. **Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais**, Viçosa, 1999.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes organominerais.** Piracicaba: E. J. Kiehl. 160p. 2008.

LACERDA, J. J. de J.; SILVA, D. R. G. Fertilizantes orgânicos: usos, legislação e métodos de análise. **Boletim Técnico nº 96.** 90 p. Lavras/MG, 2014.

LAFORET, M. R. C. **A transferência de tecnologia de processos de produção de fertilizantes organominerais:** pesquisa-ação sobre uma parceria público-privada. 2013. 186 f. Dissertação (Mestrado profissional em propriedade intelectual e inovação). Instituto Nacional da Propriedade Industrial, Rio de Janeiro, 2013.

MARTINS, F. B. et al. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite para Minas Gerais: cenário atual e projeções futuras. **Revista Brasileira de Climatologia**, vol. 1, n. 129; 2018.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de café no Brasil:** novo manual de recomendações. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 387p, 2002.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de café no Brasil:** Manual de recomendações. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2010. 387 p.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de café no Brasil:** novo manual de recomendações. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFE, 2015.

MENDONÇA, R. F. de. et al. Abordagem sobre a bienalidade de produção em plantas de café. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**. Goiânia, vol.7, n.13; 2011.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa Nº 61**, de 08 de julho de 2020. Diário Oficial, Brasília, 2020.

MOTA, R. P. et al. Organomineral fertilizer in coffee plant (*Coffea arabica* L.): Fertilizer levels and application times. **Coffee Science**, v. 18, 2023.

PEREIRA, S. P. et al. Crescimento, produtividade e bienalidade do cafeeiro em função do espaçamento de cultivo. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v.46, n.2, p. 152-160, fev. 2011.

REIS JÚNIOR, R. A. et al. Estabelecimento de normas DRIS para o cafeeiro no sul de Minas Gerais: 1º aproximação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 269-282, 2002.

RENA, A. B.; GUIMARÃES, P. T. G. **Sistema radicular do cafeeiro: estrutura, distribuição, atividade e fatores que o influenciam**. Belo Horizonte: EPAMIG, 80p, 2000.

RESENDE, T. M. et al. Avaliação física do solo em áreas sob diferentes usos com adição de dejetos animais no bioma cerrado. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 1, 2012.

REZENDE, C. I. P. et al. Imagens multiespectrais para discriminação de fontes e doses de fertilizantes em cafeeiros. **Revista Ceres**, 2023.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa - MG: UFV, 1999.

ROSSETTO, R. et al. Calagem para cana-de-açúcar e sua interação com doses de potássio. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 1, p. 105-119, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052004000100011>

SANTANA, G. H. S. Café, território e indicação geográfica: o caso da ig da região do cerrado mineiro. **XIV Encontro Nacional de pós-Graduação e pesquisa em Geografia**., Uberlândia, 2021.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed., rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL- SENAR. **Café: formação da lavoura**. 1. ed. Brasília: SENAR, 2017. Disponível em <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/188_Cafe_formacao_da_lavoura.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2023.

SILVA, B. A. DE O.; REIS, E. A. DOS. A bienalidade da cafeicultura e o resultado econômico da estocagem. **Custos e agronegócio online**, v. 9, n. 3, p. 2–25, 2013.

SILVA, E. C. C. Influência de fontes de fertilizantes organominerais e de liberação lenta na qualidade do café. 2017. 25 f. **Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Agronomia), Centro Universitário do Cerrado Patrocínio**, Patrocínio, 2017.

SILVÉRIO, F. A. S. et al. Desenvolvimento inicial de cafeeiro em função de diferentes fontes de fósforo em condições de campo. **Cerrado Agrociências**, v. 10, p. 58-65, 2019.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. **Cupping Protocols**. 2008.

Disponível em <http://coffeetraveler.net/wp-content/files/901-SCAA_CuppingProtocols_TSC_DocV_RevDec08_Portuguese.pdf>. Acesso em: 24 de outubro de 2023.

TEIXEIRA, W. G. et al. Produção de matéria seca, teor e acúmulo de nutrientes em plantas de milho submetidos a adubação mineral e organomineral. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33, 2011, Uberlândia. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011.

TIRITAN, C. S. et al. Adubação fosfatada mineral e organomineral no desenvolvimento do milho. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 6, n. 1, p. 08-14, 2010. DOI: <https://doi.org/10.5747/ca.2010.v06.n1.a045>

THOMAZIELLO, R. A. Uso da poda no cafeeiro: por que, quando e tipos utilizados. **Visão agrícola**, v. 1, p. 1-4, 2013.

ULSENHEIMER, A. M. et al. Formulação de Fertilizantes Organominerais e Ensaio de Produtividade. **Unesc & Ciência – ACET**. Joaçaba, v. 7, n. 2, p. 195-202, jul./dez. 2016.

VALARINI, V. **Demanda de macronutrientes pelas folhas e frutos em cultivares de café arábica de porte baixo**. 2005. 87p.:il. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2005.

ZONTA, E.; STAFANATO, J. B.; PEREIRA, M. G. Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais. **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá**, p. 263–303, 2021.