

RAQUEL PINHEIRO DA MOTA

FERTILIZANTES ESPECIAIS NA CULTURA DO CAFEIEIRO (*Coffea arábica* L.)

Tese apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Doutorado em Fitotecnia pela Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do título de “Doutor”.

Orientador

Prof. Dr. Reginaldo de Camargo

Coorientador

Miguel Henrique Rosa Franco

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2023


RAQUEL PINHEIRO DA MOTA

**FERTILIZANTES ESPECIAIS NA CULTURA DO CAFEIEIRO (*Coffea arábica*
L.)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Uberlândia,
como parte das exigências do Programa de Pós-
graduação em Agronomia – Doutorado em Fitotecnia
pela Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção
do título de “Doutor”.

APROVADA em 10 de abril de 2023.

Prof. ^a Dra . Regina Maria Quintão Lana	UFU
Prof. ^a Dra . Gleice Aparecida de Assis	UFU
Prof. Dr . Carlos Juliano Brant Albuquerque	UFU
Prof. Dr . Emmerson Rodrigues de Moraes	UFU


Orientador
Prof. Dr. Reginaldo de Camargo

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

M917f Mota, Raquel Pinheiro da.
2023 Fertilizantes especiais na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)
[recurso eletrônico] / Raquel Pinheiro da Mota. - 2023.

Orientador: Reginaldo de Camargo.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa
de Pós-Graduação em Agronomia.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2023.8044>
Inclui bibliografia.
Inclui ilustrações.

1. Agronomia. I. Camargo, Reginaldo de, (Orient.). II. Universidade
Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III.
Título.

CDU: 631

André Carlos Francisco
Bibliotecário - CRB-6/3408

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Milton José Pinheiro da Mota e Roseli Lucimar Soares da Mota que me trouxeram a vida, amor e educação. Meus irmãos, Rafael, Renata, Rodrigo e Chrystian. Ao meu marido, João Vitor Medina Faria pelo apoio incondicional e aos meus amados filhos. Aos meus sogros, Antônia e Jadir pelo apoio e a Universidade UFU pelos ensinamentos em toda minha trajetória de estudos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me conceder a vida e as oportunidades vivenciadas em todas as fases de minha vida.

Aos meus pais, pela criação, amor e apoio, assim como todos os ensinamentos passados.

Aos meus irmãos, Rafael, Renata, Rodrigo e Crystian pela companhia e presença de irmãos.

Ao meu marido, João Vitor pelo apoio incondicional na minha trajetória de estudo, apoio com meus filhos e todo incentivo no meu crescimento profissional.

Aos meus amados filhos, que são minha força diária para buscar ser uma pessoa e profissional melhor.

Aos meus sogros, Antônia e Jadir, por todo cuidado e amor com meus filhos para que eu pudesse continuar minha trajetória profissional, assim como o meu sogro no apoio da área experimental para realização do estudo.

Ao meu orientador, Reginaldo de Camargo por todos os ensinamentos, confiança e incentivo desde época de graduação, em especial por todas as palavras positivas e incentivo durante toda minha trajetória pessoal e profissional.

Ao meu coorientador, Miguel Henrique Rosa Franco, pelos ensinamentos e atenção na condução dos experimentos.

A minha grande amiga e incentivadora de estudos, Risely de Ferraz por todos os ensinamentos em relação a escrita, dados estatísticos, assim como por ser luz durante toda minha trajetória profissional.

Aos colegas, Ingrid, Ernane, Helen pelas leituras e sugestões de melhorias.

Ao grupo de Fertilizantes especiais da UFU, assim como todos os estagiários do grupo que contribuíram e apoiaram na realização do experimento nas principais avaliações.

Aos membros da banca, Regina Maria, Gleice Assis, Emmerson Rodrigues, Carlos Juliano, Beno Wendling e Risely Ferraz pela disponibilidade e contribuição.

A Universidade Federal que contribuiu por toda minha formação profissional, graduação, mestrado e doutorado.

EPÍGRAFE

“Para fazer bem as coisas é necessário: primeiro, o amor, segundo, a técnica.”

Antoni Gaudí

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	1
LISTA DE FIGURAS	2
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	3
RESUMO	4
ABSTRACT	5
CAPÍTULO 1- Fertilizantes especiais na cultura do cafeeiro (<i>Coffea arabica</i> L.).....	6
1 INTRODUÇÃO.....	7
2. REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1 EXIGÊNCIA NUTRICIONAL DO CAFEEIRO	9
2.2 FERTILIZANTE ORGANOMINERAL	11
2.3 MATERIA ORGÂNICA	13
2.4 TIPOS DE RESÍDUOS ORGÂNICOS	15
2.4.1 Torta de filtro	15
2.4.2 Resíduo celulósico.....	17
REFERÊNCIAS	19
CAPÍTULO 2- Fontes e doses de fertilizantes especiais na cultura do cafeeiro.....	26
RESUMO	27
ABSTRACT	28
1 INTRODUÇÃO.....	29
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	31
2.1 Caracterização da área	31
2.2 Delineamento experimental	31
2.3 Caracterização dos fertilizantes	34
2.4 Histórico da área	35
2.5 Caracterização do solo e folha	36
2.6 Manejo e condução do experimento	37
2.7 Avaliações.....	37
2.7.1 Variáveis de crescimento e clorofila	37
2.7.2 Teores de nutrientes no solo e nas folhas.....	38
2.7.3 Produtividade e qualidade de bebida.....	38
2.8 Análise estatística	39

3 RESULTADOS	40
4 DISCUSSÃO.....	50
5 CONCLUSÕES	54
REFERÊNCIAS	55
CAPÍTULO 3- Fontes e épocas de fertilizantes especiais na cultura do cafeeiro.....	59
RESUMO	60
ABSTRACT	61
INTRODUÇÃO.....	62
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	64
2.1 Caracterização da área	64
2.2 Delineamento experimental	64
2.3 Caracterização dos Fertilizantes	65
2.4 Histórico da área	67
2.5 Caracterização do solo e folha	67
2.6 Manejo e condução do experimento	68
2.7 Avaliações.....	69
2.7.1 Variáveis de crescimento e clorofila	69
2.7.2 Teores de nutrientes no solo e nas folhas	69
2.7.3 Produtividade e qualidade de bebida.....	70
2.8 Análise estatística	70
3 RESULTADOS	72
4 DISCUSSÃO.....	83
5 CONCLUSÕES	87
REFERÊNCIAS	88

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Vegetação e frutificação do cafeeiro arábica, abrangendo seis fases fenológicas no período de dois anos

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Fontes de fertilizante, quantidade dos nutrientes de acordo com a taxa de eficiência e recomendação dos fertilizantes. Indianópolis- MG.

Tabela 2. Caracterização química dos fertilizantes e da matriz orgânica dos fertilizantes organominerais. Indianópolis- MG.

Tabela 3. Textura e caracterização química do solo (0,0-0,2 e 0,2-0,4 m) e caracterização química foliar do café no início do experimento. Indianópolis- MG.

Tabela 4. Clorofila, Altura de Planta (cm), Diâmetro da copa (cm) e Taxa de incremento dos ramos plagiotrópicos (cm). Indianópolis- MG.

Tabela 5. Teores dos nutrientes Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K) na folha. Indianópolis- MG.

Tabela 6. Teores dos nutrientes Fósforo (P) e Potássio (K) no solo. Indianópolis- MG.

Tabela 7. Produtividade (sacas ha⁻¹) e Qualidade de bebida. Indianópolis- MG.

CAPÍTULO 3

Tabela 1. Caracterização química dos fertilizantes e da matriz orgânica dos fertilizantes organominerais. Indianópolis- MG.

Tabela 2. Fontes de fertilizante, qualidade dos nutrientes de acordo com a taxa de eficiência e recomendação final do fertilizante. Indianópolis- MG.

Tabela 3. Caracterização física e química do solo em duas camadas (0,0 - 0,2 e 0,2 - 0,4m) e caracterização química da folha no início do experimento. Indianópolis- MG.

Tabela 4. Clorofila, Altura de Planta (cm), Diâmetro da copa (cm) e Taxa de incremento dos ramos plagiotrópicos (cm). Indianópolis- MG.

Tabela 5. Teores dos nutrientes Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K) na folha. Indianópolis- MG.

Tabela 6. Teores dos nutrientes Fósforo (P) e Potássio (K) no solo. Indianópolis- MG.

Tabela 7. Produtividade (sacas há⁻¹) e Qualidade de bebida. Indianópolis- MG.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 1. Localização do experimento. Indianópolis- MG.

Figura 2. Interferência das doses de fertilizantes no teor de clorofila foliar safra 20/21.

Figura 3. Interferência das doses de fertilizantes no diâmetro da copa do cafeeiro safra 21/22.

Figura 4. Modelos de regressão para o teor de N foliar nas fontes de fertilizantes analisadas na safra 21/22.

Figura 5. Modelos de regressão para o teor de P foliar nas fontes de fertilizantes analisadas na safra 20/21.

Figura 6. Modelos de regressão para o teor de P no solo nas fontes de fertilizantes analisadas na safra 21/22.

Figura 7. Modelos de regressão para qualidade de bebida do cafeeiro nas fontes de fertilizantes analisadas na safra 20/21.

CAPÍTULO 3

Figura 1. Localização do experimento. Indianópolis- MG.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FOM's - Fertilizantes organominerais

CTC – Capacidade de Troca Catiônica

N – Nitrogênio

P – Fósforo

K – Potássio

MO – Matéria orgânica

COT – Carbono orgânico total

EUA – Estados Unidos da América

Aw – Clima tropical chuvoso

OMRC - Organomineral com resíduo celulósico

OMTF - Organomineral com torta de filtro

RESUMO

MOTA, RAQUEL PINHEIRO DA. **Fertilizantes especiais na cultura do cafeeiro** (*Coffea arabica* L.) 2023. 100f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

Com a alta demanda nutricional visando o alcance de altas produtividades, cresce também a preocupação por fontes alternativas de fertilizantes que tenham alta eficiência de aproveitamento de nutrientes, associado ao uso de recursos renováveis de aproveitamento de matéria prima orgânica como matriz orgânica na composição de um fertilizante de alta performance. Com base nestas premissas, objetivou-se neste estudo avaliar a eficiência de fertilizantes organominerais em relação a outras fontes de fertilizantes. Para tanto, foram conduzidos dois experimentos na Fazenda São Sebastião, no município de Indianópolis- MG. O primeiro experimento foi composto por um delineamento de blocos casualizados (DBC), num esquema fatorial 4x4, com quatro repetições. O primeiro fator formado por quatro tipos de fertilizantes: mineral convencional, mineral com polímero, organomineral com resíduo celulósico (OMRC) e organomineral com torta de filtro (OMTF) e quatro doses testadas (50%, 75%, 100% e 125%) a partir da recomendação para a cultura 1º ano (350 Kg N/ha; 50 Kg P₂O₅/ha; 300 Kg K₂O/ha) e 2º ano (500 Kg N/ha; 100 Kg P₂O₅/ha; 80 Kg K₂O/ha). O segundo experimento foi composto por um delineamento de blocos casualizados (DBC), num esquema fatorial 4x3, com quatro repetições. O primeiro fator formado por quatro tipos de fertilizantes: mineral convencional, mineral com polímero, organomineral com resíduo celulósico (OMRC) e organomineral com torta de filtro (OMTF) e o segundo fator formado por três épocas de aplicação (uma época de aplicação, duas épocas de aplicação e três épocas de aplicação). Para ambos os experimentos, foram avaliadas variáveis de crescimento: altura de planta, diâmetro da copa e taxa de incremento dos ramos plagiotrópicos, além de clorofila. Foram analisados também teores de nutrientes no solo e na folha após as aplicações dos fertilizantes, assim como dados de colheita e qualidade de bebida após a maturação dos frutos. No primeiro experimento, os fertilizantes organominerais, independentemente da dose apresentaram boa resposta em relação ao fertilizante convencional quanto as variáveis de crescimento, podendo substituir o mesmo no manejo de fertilizantes no cafeeiro. E no segundo experimento, os fertilizantes organominerais, em duas e três épocas apresentaram resposta superior, podendo substituir fertilizantes minerais convencionais no manejo de fertilizantes do cafeeiro.

Palavras- chave: matriz orgânica, fertilizantes especiais, parcelamento, doses.

Professor orientador: Reginaldo de Camargo- UFU

ABSTRACT

MOTA, RAQUEL PINHEIRO DA. **Special fertilizers in coffee crop** (*Coffea arábica* L.). 2023. 100f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

With the high nutritional demand aimed at achieving high productivity, there is also a growing concern for alternative sources of fertilizers that have a high use efficiency of nutrients, associated with the use of renewable resources for the use of organic raw material as a organic matrix in the composition of a high-performance fertilizer. Based on these assumptions, the objective of this study was to evaluate the efficiency of organomineral fertilizers in relation to other sources of fertilizers. Two experiments were conducted at Fazenda São Sebastião, in the city of Indianópolis-MG. The first experiment consisted of a randomized block design (RBD), in a 4x4 factorial scheme, with four replications. The first factor was formed by four types of fertilizers: conventional mineral, mineral with polymer, organomineral with cellulosic residue (OMCR) and organomineral with filter cake (OMFC) and four rates (50%, 75%, 100% and 125%) based on recommendation to the culture. The second experiment consisted of a randomized block design (RBD), in a 4x3 factorial scheme, with four replications. The first factor formed by four types of fertilizers: conventional mineral, mineral with polymer, organomineral with cellulosic residue (OMCR) and organomineral with filter cake (OMFC) and the second factor formed by three application times (one application, two applications and three applications). For both experiments, growth variables were evaluated: plant height, canopy diameter and rate of increment of plagiotropic branches, as well as chlorophyll. Nutrient contents in the soil and leaf after fertilizer applications were also analyzed, as well as harvest data and quality after fruit maturation. In the first experiment, the organomineral fertilizer rates, showed a good response in relation to the conventional fertilizer in terms of growth variable, being able to replace it in the management of fertilizers in the coffee tree. And in the second experiment, organomineral fertilizers, in two and three seasons, showed a good response, being able to replace conventional mineral fertilizers in the management of coffee fertilizers.

Keywords: organic matrix, special fertilizers, subdivision, rates.

Supervising committee: Reginaldo de Camargo- UFU

CAPÍTULO 1

Fertilizantes especiais na cultura do cafeeiro (*coffea arábica* L.)

1 INTRODUÇÃO

Com grande influência na economia do país e do mundo, as altas produções do cafeeiro faz do país o maior produtor e exportador de café no mercado mundial (BARBOSA; AGUILAR; MACIEL; 2021). Entretanto, diversos são os fatores que podem afetar a produção final da cultura, dentre eles: fatores genéticos, ambientais, de manejo e nutricionais (MESQUITA et al., 2016). Dando destaque para o manejo da adubação que é responsável em grande parte no desempenho produtivo da cultura (GALLET, 2021). Isso se deve a alta exigência de nutrientes no cafeeiro, principalmente do Nitrogênio (N) seguido de Potássio (K) (MAGALHÃES, 2021). Porém, as altas demandas nutricionais promovem ao longo dos anos maiores taxas de importações de fertilizantes, principalmente os fertilizantes minerais convencionais.

O Brasil no ano de 2021 apresentou recorde de importação de fertilizantes, mesmo já importando mais de 85% do total demandado no país, reforçando a dependência do mercado internacional (CONAB, 2021). Assim, tem-se a elevação dos custos de produção, devido ao aumento nas compras de fertilizantes minerais e a escassez de fertilizantes no mercado interno e externo. Com isso, fontes alternativas de fertilização têm sido buscadas com maior frequência, em relação ao uso isolado de fontes exclusivamente minerais. Com destaque ao uso dos denominados fertilizantes especiais, que, segundo Lemos (2017), apresentam lenta liberação e tem demonstrado no campo um aumento significativo na sua eficiência de utilização, bem como melhorias nas características físico-químicas do solo e consequente aumento na produção final.

Os fertilizantes organominerais fazem parte desse grupo de fertilizantes especiais e são produtos resultantes da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais com orgânicos que promovem o aproveitamento de diferentes resíduos orgânicos (PORTUGAL et al., 2016). Segundo Abisolo (2021), o desempenho do setor de fertilizantes organominerais foi positivo no ano de 2019 para 2020, com crescimento de 80,5% nas vendas. Além disso, a maioria dos produtos acabados da indústria de fertilizantes especiais advém de produção nacional. Considerando a porcentagem de produção própria do total de vendas para os fertilizantes organominerais é representado por cerca de 92,6%, ao passo que os fertilizantes minerais é apenas 78,1% de origem nacional. Desta forma, os fertilizantes organominerais constituem numa fonte alternativa de fertilização altamente viável que prioriza na sua maior parte o uso de matéria prima nacional, reduzindo a dependência de fertilizantes do mercado externo.

Destaca-se a utilização da torta de filtro e mais recentemente o resíduo da indústria de papel e celulose na composição da fração orgânica do fertilizante organomineral. A torta de filtro é produzida em abundância e tem sua origem no processo de tratamento e clarificação do caldo da cana-de-açúcar (BERNARDINO et al., 2018). Já o resíduo celulósico é gerado após o processamento mecânico, físico e/ou químico da indústria de celulose, que não são incorporados ao produto final. Ambos os resíduos orgânicos citados apresentam características físico-químicas favoráveis ao seu uso como fonte orgânica de fertilização, compondo o fertilizante organomineral.

A associação dessas fontes orgânicas compondo os fertilizantes organominerais promovem inúmeros benefícios na eficiência de aproveitamento dos nutrientes minerais. Minimizando a perda de nutrientes no solo por: lixiviação (nitrato e potássio); volatilização (ureia) e fixação (fósforo), permitindo o maior aproveitamento pelas plantas (MATIELLO, 2016). Entretanto, ainda existem poucos estudos que comprovem a eficiência desse fertilizante na cultura do café, bem como a melhor dose de aplicação, tipos de parcelamentos e comparações com outras fontes de fertilização convencionais. Apesar de que dentre as grandes culturas, o cafeeiro tenha consolidado o uso de fontes exclusivamente orgânicas, sendo o uso de organomineral no café ainda mais recente, fazendo necessário a realização de estudos com ênfase na eficiência desses fertilizantes na cultura.

Neste contexto, o estudo dos efeitos dos fertilizantes especiais em relação a fontes convencionais de fertilização sobre as características morfofisiológicas, nutrição, produção e qualidade do cafeeiro é de extrema importância para se obter uma melhor utilização dos fertilizantes quanto a melhor dose e época de aplicação no campo, promovendo o posicionamento mais adequado dessas tecnologias.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 EXIGÊNCIA NUTRICIONAL DO CAFEIEIRO

Visando o aumento de produtividade no cafeeiro, a busca por tecnologias que auxilie nesse processo é fundamental. Sendo o conhecimento das principais demandas nutricionais do cafeeiro fator determinante para o alcance de altas produtividades. Entretanto, para entender a exigência nutricional do cafeeiro nas suas diferentes fases, é importante antes, conhecer o seu ciclo de desenvolvimento. O cafeeiro apresenta um ciclo fenológico com uma sucessão de fases vegetativas e reprodutivas, que ocorrem em aproximadamente 2 anos. Divididas em seis fases distintas, sendo duas vegetativas e quatro reprodutivas, esquematizadas conforme tabela abaixo (CAMARGO; CAMARGO, 2001).

Tabela 1. Vegetação e frutificação do cafeeiro arábica, abrangendo seis fases fenológicas no período de dois anos.

Ano 1											
Período vegetativo											
Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.
Vegetação e formação das gemas florais						Indução e maturação das gemas florais					

Ano 2													
Período reprodutivo													
Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.		
Florada, chumbinho e expansão dos frutos				Granação dos frutos			maturação dos frutos			Repouso, senescência dos ramos			
Período reprodutivo (novo período vegetativo)										Autopoda			

Fonte: adaptado de Camargo e Camargo (2001).

O ciclo fenológico do cafeeiro, é caracterizado por um ano de maior crescimento vegetativo e no outro ano maior desenvolvimento reprodutivo, sendo a bienalidade responsável por promover oscilações entre anos de alta e de baixa produtividade (ALVES, 2019). Isso se deve ao fato de que, nos anos de alta produtividade os fotoassimilados são destinados em maior parte para a formação e enchimento dos frutos, uma vez que os esses são drenos com maior prioridade. Ao passo que, nos anos de baixa produtividade os fotoassimilados são destinados a formação de gemas e conseqüentemente, formação de novos ramos vegetativos.

A característica de bienalidade ocorre tanto na espécie *C. arábica* como na *C. canéfora*, sendo mais acentuada no *C. arábica* (MENDONÇA et al., 2011). Apesar de inevitável, alguns fatores podem contribuir para a redução da bienalidade, permitindo alcançar maiores produtividades, sendo eles, o adensamento de plantio, manejo ideal da cultura, irrigação e principalmente uma adubação adequada (PEREIRA et al., 2011). Desta forma, uma planta que está suprida de nutrientes não irá apresentar dificuldades para atender a demanda nutricional para a formação de botões florais e a mobilização das reservas conseguira manter o bom estado nutricional das plantas (SAKIYAMA et al., 2015).

O cafeeiro apresenta alta exigência nutricional para atender as demandas de crescimento vegetativo e reprodutivo (REIS, 2019). Entretanto, a extração de N, P e K ao longo do desenvolvimento da cultura é variável, uma vez que a curva que descreve a marcha de absorção desses nutrientes, isto é, a extração em função do tempo, é geralmente sigmoidal (MALAVOLTA, 1980). Apresentando menor absorção dos nutrientes do solo quando a planta é mais nova, seguido de um período de taxa de absorção dos nutrientes crescente e num período final, próximo da colheita, a absorção é menor (CLEMENTE, 2005). O mesmo autor, afirma ainda que, no período de 24 a 48 meses a marcha de absorção dos nutrientes (N, P e K) cresce consideravelmente, à medida que se observa as primeiras produções, período esse de maior demanda em função do aumento crescente da produção do cafeeiro. Em concordância, Guimarães e Reis (2010), afirmam que o cafeeiro em pleno regime de produção, apresenta maior porcentagem de nutrientes absorvidos destinados a frutificação e a outra parte é destinada a formação de ramos e folhas novas.

Segundo Sakiyama et al., (2015) dentre os nutrientes mais demandados pelo cafeeiro, N e K são os mais exigidos e segue a ordem decrescente: N>K>Ca>Mg>S>P. Agora, se considerarmos os nutrientes que são mais exportados pelos frutos, destaca-se as elevadas quantidades de K e N, que estão na seguinte ordem de exportação pelos frutos: K>N>Ca>Mg>P>S. A época para o fornecimento de nutrientes essenciais visando suprir as exigências de crescimento e desenvolvimento da planta é dependente do período de maior consumo de nutrientes pelo cafeeiro (MATIELLO et al., 2005). Laviola et al., (2007) observaram que para as épocas e intervalos de aplicação de fertilizantes deve-se levar em consideração o período de maior exigência do café em cada região, uma vez que, regiões com maior altitude, a planta leva maior tempo para completar o seu ciclo reprodutivo. Sabe -se que o período reprodutivo do cafeeiro, após a florada é o de maior requerimento nutricional pela cultura (LAVIOLA 2004). Assim, conhecer o acúmulo de

nutrientes em frutos de cafeeiro durante o período reprodutivo é uma ferramenta importante para estimar as necessidades nutricionais da cultura e identificar a melhor época de aplicação (RAMIREZ et al., 2002). Dubberstein et al., (2016) demonstraram que o maior acúmulo de macronutrientes no cafeeiro ocorre na fase de expansão, granação e maturação dos frutos. Segundo Laviola et al., (2007), os maiores acúmulo de Ca, Mg e S no período reprodutivo foi na fase de granação-maturação do fruto.

Desta forma, o estudo no uso de fertilizantes organominerais (FOM's) quanto a sua época de aplicação vão de encontro a resposta quanto ao fornecimento de nutrientes na época de maior demanda pelas plantas e qual o intervalo de aplicação sugerido. E se esses nutrientes serão todos fornecidos no período que antecede a granação dos frutos, estando disponibilizados para a planta no seu período de maior exigência nutricional.

2.2 FERTILIZANTE ORGANOMINERAL

Segundo a INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 23, DE 31 DE AGOSTO DE 2005, o FOM é definido como: “produto resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos”. Sendo que no CAPÍTULO III da INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 25, DE 23 DE JULHO DE 2009, SEÇÃO V, Art. 8º, § 1º, são estabelecidas as especificações, garantias e características dos fertilizantes organominerais sólidos, que descreve que os mesmos deverão apresentar no mínimo 8% de carbono orgânico, CTC mínima de 80 mmol_c Kg⁻¹; umidade máxima de 20%; 10% de macronutrientes primários isolados (N, P, K) ou em mistura (NK, NP, PK, NPK); 5% de macronutrientes secundários (Ca, Mg e S) e 1% de micronutrientes (BRASIL, 2009).

A matriz orgânica presente no FOM pode ter diversas origens, como cama de frango (SÁ, 2017), torta de filtro (DELVAUX, 2019), lodo de esgoto (SOUZA et al., 2020) e resíduo celulósico (BORGES et al., 2016). Os FOMs após a mistura da fonte orgânica com a mineral são de natureza física do tipo farelado, podendo ser fornecido as culturas. Após a homogeneização das duas fontes (orgânica e mineral), ocorre o processo de peletização por extrusão, pelo qual o fertilizante passa por condições de alta pressão, umidade e temperatura, em um curto espaço de tempo (AMARAL, 2002; OLIVEIRA, 2014; MORAIS, 2017), produzindo pellets com alto grau de dureza (8,0 Kg_f cm⁻²), apresentando maior resistência a fragmentação e conseqüentemente menor segregação dos componentes (TEIXEIRA, 2013). Além da forma farelada e peletizada, o fertilizante

organomineral na forma granulada cresceu consideravelmente, principalmente na cultura dos grãos (soja, milho e feijão), devido a melhor aplicabilidade deste (MARTINS, 2018).

De acordo com o Art. 3º da Lei Federal 12.305 de 2 de agosto de 2010 estabelecida pela Política Nacional de Resíduos Sólidos a destinação de resíduos ambientalmente correta, inclui: a reutilização, compostagem, reciclagem, recuperação e o tratamento dos resíduos sólidos, a fim de minimizar os impactos ambientais gerados pela destinação incorreta dos mesmos (BRASIL, 2010). E o mercado dos fertilizantes organominerais possui elevada capacidade de absorver grande parte desses resíduos sólidos que são gerados. De acordo com Benites et al., (2010), o uso de resíduos como matriz orgânica na produção de fertilizantes pode eliminar de forma imediata até 50% do passivo ambiental gerado. Além disso, a produção brasileira de fertilizantes é historicamente inferior em relação a demanda das áreas agrícolas por fertilizantes (EMBRAPA, 2018). Importando cerca de 90% de fertilizantes nitrogenados, 65 % de fósforo e 95% de adubos potássicos (FAO, 2019). Diante desse cenário, os fertilizantes organominerais apresentam-se como alternativa aos fertilizantes minerais, promovendo redução da dependência do mercado externo de fertilizantes, aproveitamento de resíduos sólidos, redução de passivos ambientais e fonte de fertilização que promove melhorias na qualidade do solo. Assim, o mercado dos fertilizantes organominerais apresentou um crescimento de 47% em 2019 em relação a 2015 e 19,5% em relação ao ano de 2018, sendo que os estados de São Paulo (25%), Minas Gerais (23%) e Paraná (19%) se destacam como maiores consumidores do fertilizante organomineral (ABISOLO, 2020).

Dentre as vantagens que o fertilizante organomineral possui em relação ao fertilizante mineral convencional, se destaca a sua solubilização gradativa, que promove a lenta liberação de nutrientes, disponibilizando os mesmos durante todo o ciclo da cultura, proporcionando um maior efeito residual do fertilizante e uma produção mais sustentável (CHÁVEZ et al., 2019). Garantindo maior eficiência dos nutrientes, minimizando a perda deles no solo, seja por lixiviação (nitrato e potássio); volatilização da uréia e/ou fixação (fósforo) (MATIELLO, 2016). O uso do FOM também proporcionou efeito condicionador nas propriedades físicas do solo (FREITAS, 2018), aumento da CTC devido a interação da matéria orgânica com o solo (SALUCI et al., 2015), melhoria nos atributos biológicos (ABISOLO, 2016), aumento do fornecimento de energia pela inserção da fração orgânica do organomineral, promovendo aumento da microbiota do solo responsável pela ciclagem de nutrientes (NELISSEN et al., 2012; FARRELL et al., 2014), maior eficiência na retenção de água no solo, melhor

desenvolvimento radicular, menor risco de erosão, recuperação da flora microbiana e custo operacional mais baixo (LEVRERO, 2009).

Em trabalho realizado por Moreira, (2018), estudando a solubilidade de fertilizantes organominerais peletizados a base de biossólido e torta de filtro em diferentes tempos, demonstrou que os teores de fósforo foram superiores no fertilizante mineral, comparado as fontes orgânicas, e que o aumento da dose contribuiu para o aumento no teor de fósforo do solo, independentemente da fonte, além da confirmação de maior solubilidade de fósforo em fertilizante mineral. Isso se dá, pois a transformação de matéria orgânica em substâncias húmicas permite o aumento das cargas negativas próximas ao sítio de liberação de fosfato nesses fertilizantes (SILVA et al., 2010). Sendo assim, os fertilizantes organominerais disponibilizam fósforo mais lentamente, tendo uma gradativa solubilização ao longo do cultivo.

Em outro estudo realizado por Ribeiro, (2019) com fertilizante organomineral peletizado na cultura da soja em solo de cerrado, observou um incremento de produtividade com o aumento das doses do fertilizante organomineral, independente da fonte adotada. Assim como Borges et al., (2015), avaliando a produtividade de soja e milho em diferentes doses de fertilizante organomineral, observaram um incremento em produtividade no uso dessa fonte de fertilizante.

Assim, visando estudar os efeitos (físicos, químicos e biológicos) que a fonte de fertilizante organomineral pode promover no solo e nas plantas, diferentes trabalhos foram realizados para avaliar os benefícios desse fertilizante nas seguintes culturas agrícolas: milho (CARVALHO, 2020), soja (RIBEIRO, 2019), algodão (LEITE, 2019) e cana de açúcar (SOUSA, 2014).

2.3 MATERIA ORGÂNICA

A matéria orgânica (MO) é um dos componentes do fertilizante organomineral de suma importância na melhoria dos atributos do solo, permitindo o maior aproveitamento dos nutrientes. Segundo Silva Junior (2019) a MO é um componente do solo, constituído por material vegetal (restos culturais) ou animal em diferentes graus de decomposição e pelos microrganismos do solo. Desta forma, pode ser separada em parte viva e não viva. A parte viva constitui-se de um material que corresponde ao material orgânico associado a células de organismos vivos, sendo uma fonte (dreno), imobilizada temporariamente, mas também com potencial de mineralização (fonte), com 4% de carbono orgânico total

(COT), raízes (5-10%), fauna do solo (15-30%) e microrganismos (60-80%). Ao passo que, a parte não viva do solo apresenta, em média, (98%) COT, subdividida em macrorrgânica (3-20%) e humus (substâncias húmicas e não húmicas) (SILVA; MENDONÇA, 2007).

Além de ser um constituinte importante do solo, a matéria orgânica apresenta inúmeros efeitos benéficos nas propriedades do solo, tanto nos aspectos físicos, químicos e biológicos (NASCIMENTO et al., 2010). Nas propriedades físicas do solo, a matéria orgânica promove melhor agregação das partículas, contribuindo para a estabilização da MOS, movimento e retenção de água, ameniza o encrostamento, ciclagem e biodisponibilidade de nutrientes, enraizamento e, conseqüentemente, melhora a produtividade das culturas. Nos aspectos químicos, a matéria orgânica do solo tem poder tampão, podendo aumentar ou diminuir o pH do solo em decorrência de processos que consomem ou liberam H^+ , além de atuar na complexação de metais e na capacidade de troca catiônica. Nos aspectos biológicos, a matéria orgânica promove os processos biológicos através da reserva metabólica de energia e atua também nos compartimentos e decomposição dos nutrientes na sua forma orgânica (SILVA; MENDONÇA, 2007). Além de contribuir com um aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) do solo por meio de suas cargas de superfície, melhor agregação e retenção de água e permitir maior disponibilidade dos nutrientes (ZANDONADI et al., 2014).

Esses benefícios também são notados quando feito aplicação do Fertilizante organomineral, uma vez que, a presença da matriz orgânica do Fertilizante organomineral atua como condicionador de solo a longo prazo e, conseqüentemente, reduz os efeitos da lixiviação do nitrogênio e do potássio e fixação do fósforo pelos óxidos de ferro e alumínio (SOUSA et al., 2012). Por meio desse efeito condicionador do solo, a matriz orgânica do Fertilizante Organomineral, proporciona o aumento da superfície específica e da CTC do solo, fornece nutrientes, promove a complexação de substâncias tóxicas, melhora a agregação das partículas do solo, melhora a circulação de água e ar e favorece a biota do solo (Andreote, 2018; Caron et al., 2015; Cruz et al., 2017). Entretanto, a adubação orgânica de forma isolada ou associada de forma complementar a adubação mineral convencional é mais consolidada ao longo da história de adubação no cafeeiro quando comparado ao uso de organominerais. Exemplificado por alguns trabalhos citados abaixo no que diz respeito ao uso de fontes orgânicas na cultura do café.

Assim, Cervellini & Igue (1994), em estudo de adubação mineral e orgânica no cafeeiro, observaram que o uso de esterco promoveu efeito condicionador no solo, além

de aumentar a produtividade de café nas áreas aplicadas. Em concordância, Fernandes et al., (2013), avaliando adubação orgânica no cafeeiro, com o uso de esterco de galinha, em substituição a adubação mineral, observaram que é viável a utilização de esterco de galinha como fonte de N, P, K e S na redução desses nutrientes e que nas dosagens mais comuns de esterco de galinha utilizadas para café (2,5 e 5,0 t há⁻¹), podem reduzir os níveis de N, P, K e S da adubação exclusivamente mineral de 14 a 28% para N, de 50 a 83% para o P, de 8 a 18% para K e de 21 a 46% para o S.

Em contrapartida, Fernandes et al., (2021) em condução de experimento com adubação orgânica e organomineral do cafeeiro irrigado por gotejamento, observaram após seis anos, que o uso de fertilizante organomineral, isolado ou em associação, tem o mesmo comportamento em termos de produtividade do esterco de galinha, embora os aumentos absolutos de produtividade tenham sido, em quatro safras, superiores em até 10%, comparando-se com a aplicação exclusiva de esterco de galinha e o uso do organomineral é viável para a cultura do café, uma vez que garante as propriedades favoráveis da matéria orgânica, evitando a desuniformidade das fontes nutricionais dos adubos exclusivamente orgânicos.

2.4 TIPOS DE RESÍDUOS ORGÂNICOS

Os resíduos orgânicos podem apresentar diferentes origens, tais como: agroindústrias de produtos de origem animal e vegetal, indústria madeireira e de papel e celulose, urbano e podem ter seu uso destinado a geração de energia ou na agricultura devido ao grande potencial de absorção desses subprodutos no mercado de fertilizantes em diferentes formatos.

2.4.1 Torta de filtro

Composta da mistura de bagaço moído e lodo de decantação, a torta de filtro é proveniente do processo de clarificação do caldo da cana-de-açúcar (SOUSA, 2014). Sua composição química é dependente da variedade e da maturação da cana-de-açúcar, tipo de solo, processo de clarificação do caldo e outros, entretanto, de maneira geral, possui elevados teores de matéria orgânica e fósforo (P), além de cálcio, nitrogênio, potássio, magnésio e micronutrientes (SANTOS et al., 2010). Diante da importância, extensão e

volume de produção da cultura, quantidades expressivas de resíduos são produzidas no setor sucroalcooleiro, evidenciando a necessidade de se fazer uma reutilização eficiente de todo esse material gerado nos processos industriais.

Estima-se que a cada tonelada de cana-de-açúcar moída gera-se em torno de 40 kg de torta de filtro (BERNARDINO et al., 2018; FRAVET et al., 2010). Esta realidade trouxe a possibilidade de direcionar o aproveitamento dos resíduos do setor para serem fontes de nutrientes para a própria cultura para outras atividades agrícolas, reduzindo contaminação ambiental e custos com adubação (ALVARENGA; QUEIROZ, 2008).

A matéria orgânica presente na torta de filtro, atua diretamente nas propriedades químicas e físicas do solo, promovendo o aumento da CTC, da capacidade de retenção de água, além de melhorar as condições microbiológicas para o desenvolvimento das plantas (SOUZA, 2013). Do total de fósforo presente na torta de filtro, cerca de 30% estão na forma orgânica e o nitrogênio está na forma proteica, que, conseqüentemente, aumenta o aproveitamento destes nutrientes pelas plantas, por meio da liberação desses elementos. Ainda, estima-se que uma dose de 20 t ha⁻¹ de torta de filtro possibilita o fornecimento de 100% do nitrogênio, 50% de fósforo, 15% de potássio, 100% de cálcio e 5% de magnésio para a cana-de-açúcar, podendo ser aplicada em área total, em pré-plantio, no sulco ou nas entrelinhas de plantio (FRAVET et al., 2010).

Assim, o uso de fontes orgânicas como a torta de filtro, age também como condicionador de solo, permitindo a redução, a longo prazo, da aplicação de fertilizantes minerais, além de trazer melhorias na qualidade do solo. Segundo Santos et al., (2010), a associação de fertilizantes fosfatados a resíduos orgânicos, a exemplo da torta de filtro, constitui em fonte alternativa de adubação visando aumentar a disponibilidade de fósforo no solo. Pois, os grupos orgânicos presentes na torta de filtro podem preencher os sítios de fixação de fósforo, tornando este elemento mais disponível para as plantas devido a diminuição da reação do fósforo com os minerais de argila e óxidos de ferro (ROSSETO et al., (2004). Os carreadores orgânicos presentes são capazes de melhorar a solubilidade dos compostos de fósforo (P) no solo, liberando gradualmente este elemento para as plantas (TIRITAN et al., 2010). Além do aumento na disponibilidade de nutrientes como nitrogênio, fósforo e cálcio no solo, a redução dos teores de Al trocável e o aumento da CTC (NUNES, 2008; SANTOS et al., 2012; BARROS et al., 2014).

Diante de todos os benefícios que são gerados com a aplicação da torta de filtro, observa-se que esse resíduo vem ganhando bastante espaço e meios de reutilização que incluem técnicas de manejo de adubação dentro das próprias lavouras de cana-de-açúcar

e em outras culturas e conformações diferentes, como por exemplo, na composição de fertilizantes organominerais. Entretanto, é observado melhores resultados no uso dessa fonte orgânica, após o processo de compostagem que irá garantir a bioestabilização desse resíduo como fonte de matriz orgânica.

2.4.2 Resíduo celulósico

Ainda nos anos 2000, o Brasil era considerado o 7º maior produtor mundial de celulose, entretanto, com o crescimento exponencial das áreas plantadas de floresta e instalação de indústrias de celulose, esse cenário mudou drasticamente. Assim, em 2018, o Brasil se consolidou como o segundo maior produtor mundial de celulose, atrás apenas para os Estados Unidos da América (EUA), considerando o processo para fibra curta (eucalipto), fibra longa (pinus) e a pasta de alto rendimento, 21,1 milhões de toneladas, representando um crescimento de 8,0% em relação ao ano de 2017 (IBÁ, 2018).

Com a instalação de uma das maiores fabricas de celulose solúvel do mundo, no Triângulo Mineiro- MG, entre os municípios de Indianópolis e Araguari a perspectiva de crescimento de produção de celulose é ainda maior, com estimativa de 500 mil toneladas de celulose solúvel. E junto a essa maior produção, cresce também a preocupação com a grande quantidade de resíduos que são gerados, além disso, as fábricas de celulose se deparam com problemas de ordem ambiental, tendo em vista os riscos de contaminação ambiental quando da destinação incorreta dos mesmos.

O resíduo celulósico é um dos resíduos que são gerados após o processamento mecânico, físico e/ou químico, que não são incorporados ao produto final. Caracterizado pela sua grande quantidade de matéria orgânica total e compostável, este, também apresenta elevados teores de resíduo mineral, nitrogênio total, cálcio e relação C/N de 25/1. Devido sua alta relação C/N, se faz necessário a decomposição prévia, que pode ser realizada por meio a inserção de microrganismos decompositores, ou por meio da decomposição natural em área de estocagem por um longo período (aproximadamente 3 anos) para sua completa decomposição (BELLOTE et al., 1998).

Desta forma, visando uma melhor destinação e aproveitamento desse resíduo, estudos vêm sendo realizados com o uso do resíduo celulósico como fonte de fertilização orgânica e/ou como componente orgânico complementar a fertilização mineral para diferentes culturas. Inicialmente, esses estudos se concentraram nas próprias áreas de florestas de onde extrai a celulose, analisando os efeitos da aplicação de resíduo de

celulose no crescimento de *Eucalyptus dunnii*, que demonstrou contribuições favoráveis na qualidade do solo, bem como, crescimento mais expressivo da cultura a longo prazo (ANDRADE et al., 2003). Bellote et al. (1998), também estudando a aplicação de resíduos celulósicos em plantios florestais, observaram alguns efeitos no solo, tais como: elevação do pH, com aumento na disponibilidade de fósforo e micronutrientes, aumento da capacidade de troca catiônica, melhora nas propriedades físicas, como a granulometria, capacidade de retenção de água e densidade do solo. Além de um aumento na atividade biológica do solo, que promoveu maior ciclagem de nutrientes. Rodrigues (2004), avaliando o efeito de diferentes doses de resíduo celulósico no solo em florestas de *Pinus taeda*, observou resposta positiva, com aumento no teor de matéria orgânica, das bases trocáveis, da saturação de bases e da capacidade de troca catiônica, além da redução dos níveis de alumínio. Entretanto, o efeito de resíduo de celulose e esterco no solo no desenvolvimento da cultura de milho e feijão, promoveu deficiência de nitrogênio (N), limitando o desenvolvimento da cultura, principalmente do milho. No feijão esse efeito de deficiência de N foi amenizado, devido, provavelmente, ao mecanismo de fixação biológica de nitrogênio (COSTA et al., 2007). Assim, é válido destacar a importância de um processo de compostagem no resíduo, seja de origem vegetal e/ou animal a fim de garantir maior estabilização do composto, relação C/N equilibrada, umidade adequada e maior grau de substâncias húmicas.

Guerrini & Moro (1994) relataram que as áreas com aplicação do resíduo celulósico, apresentaram teores de nutrientes similares, e até superiores, aos fornecidos pela adubação mineral, especialmente para o Ca. Entretanto, ainda tem a necessidade de maiores estudos com relação ao uso desse resíduo, dosagens, épocas de aplicação e se o uso desse resíduo como fonte de fertilização é mais viável isoladamente ou associada a outras fontes de fertilizantes minerais.

REFERÊNCIAS

ABISOLO - Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal. **Anuário Brasileiro de Tecnologia e Nutrição Vegetal**. Brasil, 2021, 94p.

ABISOLO -Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal. **Anuário Brasileiro de Tecnologia e Nutrição Vegetal**. Brasil, 2020, 24p.

ABISOLO- Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Vegetal. **Anuário brasileiro de tecnologia em nutrição vegetal**. Brasil, 2016, 22p.

ALVARENGA, R. P.; QUEIROZ, T.R. Caracterização dos aspectos e impactos econômicos, sociais e ambientais do setor sucroalcooleiro Paulista. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 2008. **Anais [...]** Rio Branco: [s.n.], 2008. 21 p.

ALVES, R.F. **Efeito da adubação na redução dos efeitos da bienalidade do café**. 2019, 25p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Agronomia) - Centro Universitário de Goiás Uni- Anhanguera, Goiânia, 2019.

AMARAL, C. M. C. **Extrusão e peletização de ração completa: efeitos no desempenho, na digestibilidade e no desenvolvimento das câmaras gástricas de cabritos Saanen**. 2002. 54 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2002.

ANDRADE, G. C.; SILVA, H. D.; BELLOTE, A. F. J.; FERREIRA, C. A. Efeitos da adubação fosfatada e da aplicação de resíduo de celulose no crescimento de *Eucalyptus dunnii*. **Boletim pesquisa Florestal**, Colombo, n. 47, p. 43- 54, 2003.

ANDREOTE, F. D. Manejo Biológico do Solo. **III SIMPÓSIO Desafios da Fertilidade do Solo na Região do Cerrado**. Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia 2018. 48 p.

BARBOSA, L. O. S.; AGUILAR. C.; MACIEL. L.A participação de Minas Gerais e do Brasil na cadeia produtiva global do café. **Revista Economia & Região**, Londrina, v.9, n. 147-166, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5433/2317-627X.2021v9n1p147>

BARROS, P. C. S.; COSTA, A. R.; SILVA, P. C.; COSTA, R. A. Torta de filtro como biofertilizante para produção de mudas de tomate industrial em diferentes substratos. **Revista Verde**, Mossoró, v. 9, n. 1, p. 265 - 270, 2014.

BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D.; FERREIRA, C. A.; ANDRADE, G. C. Resíduos da indústria de celulose em plantios florestais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 37, p. 99- 106, 1998.

BENITES, V. N.; CORREA, J. C.; MENEZES, J. F. S.; POLIDORO, J. C. Produção de fertilizante organomineral granulado a partir de dejetos de suínos e aves no Brasil. In: FERTBIO, 2010. **Anais [...]** Guarapari: [s.n.], 2010, 4 p.

BERNARDINO, C. A. R.; MAHLER, C. F.; VELOSO, M. C. C. ROMEIRO, G. A.; SCHROEDER, P. Torta de Filtro, Resíduo da Indústria Sucroalcooleira-Uma Avaliação por Pirólise Lenta. **Revista Virtual Quim.** [S.I.], v.10, n.3. 2018.

BORGES, M. T.; SIGAKI, C. K.; CINQUE, U. C.; CONTESSOTO, V. C. Valorização econômica e ambiental dos resíduos: Um estudo de caso da fibra-MS celulose sul Mato-Grossense. **Revista O Papel**, [S.I.], v.77, n. 12, p. 92- 97, 2016.

BORGES, R. E.; MENEZES, J. F. S.; SIMON, G. A.; BENITES, V. Eficiência da adubação com organomineral na produtividade de soja e milho. **Global Science And Technology**, Rio Verde, v. 8, n. 2, p. 177-184, jan. 2015. DOI: <https://doi.org/10.14688/1984-3801/gst.v8n1p177-184>

BRASIL. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento - MAPA. Secretaria de defesa agropecuária. Instrução normativa nº 25, de 23 de julho de 2009. Brasília: MAPA, 2009.

BRASIL. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento - MAPA. Secretaria de defesa agropecuária. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Brasília: MAPA, 2010.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 1, p. 65-68, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052001000100008>

CARON, V.; C.; GRAÇAS, J. P.; CASTRO, P. R. C. Condicionadores do solo: **ácidos húmicos e fúlvicos**. Piracicaba: Esalq- Divisão de Biblioteca, 2015.

CARVALHO, M. Z. Adubação organomineral de cobertura de milho em segunda safra e componentes de rendimento do milho. 2020, 33f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.

CERVELLINI, G. S.; IGUE, T. Adubação mineral e orgânica do cafeeiro. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 53, n. 1, p. 83-93, 1994. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87051994000100009>

CHÁVEZ, P. C.; GARRIGA, I. C.; DE VARONA PÉREZ, R.; VILA, L. F. Fertilización organomineral en el manejo sostenible de tierras cultivadas con maíz (*Zea mays* L.). **Revista Científica Agroecosistemas**, [S.I.], v.7, p.116-122, 2019.

CLEMENTE, F. M. V. T. **Faixas críticas de teores foliares de macro e micronutrientes no cafeeiro (*Coffea arábica* L.) no primeiro ano de formação da lavoura**. 72 f. 2005. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Boletim logístico**. Brasília: Conab, 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/boletim-logistico> . Acesso em 25 out. 2021.

COSTA, A. S. V.; RUFINI, J. C. M.; SILVA, M. B.; REZENDE, G.; RIBEIRO, J. M. O. Efeito do resíduo de celulose e esterco no solo sobre o desenvolvimento do milho (*Zea mays*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 54, n. 312, p. 339-344, 2007.

CRUZ, A. C.; PEREIRA, F. S.; FIGUEIREDO, V. S. **Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegócio: avaliação do potencial econômico brasileiro**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 45, p. 45, p. 137-187, 2017.

DELVAUX, J. C. **Bioindicadores de qualidade do solo no crescimento inicial de eucalipto sob fertilização organomineral a base de torta de filtro de cana-de-açúcar**. 2019, 126p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

DUBBERSTEIN, D.; PARTELLI, F.L.; DIAS, J.R.M.; ESPINDOLA, M.C. Influência da adubação do crescimento vegetativo de cafeeiros na Amazônia Sul Ocidental. **Coffee Science**, Lavras, v.12, n.2, p.197-206, 2017. DOI: <https://doi.org/10.25186/cs.v12i2.1228>

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília: Embrapa, 2018. 212 p.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA- FAO. Base de dados da FAOSTAT. **Fertilizantes por nutriente**. 2019.

FARRELL, M.; MACDONALD, L. M.; BUTLER, G.; CHIRINO-VALLE, I.; CONDRON, L. M. Biochar and fertiliser applications influence phosphorus fractionation and wheat yield. *Biology and fertility of soils*, **Springer**, Berlin, v. 50, n. 1, p. 178, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00374-013-0845-z>

FERNANDES, A. L. T.; JUNIOR FRAGA, E. F.; CORREA, F.; SILVA, R. O. Adubação orgânica e organomineral do cafeeiro irrigado por gotejamento. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 14, e8621, 2021. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14Supl.1.e8621>

FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, F.; FERREIRA, R. T.; SANTINATO, R. Adubação orgânica do cafeeiro, com uso do esterco de galinha em substituição à adubação mineral. **Coffee Science**, Lavras, v.8, n.4, p. 486-499, 2013.

FRAVET, P. R. F.; SOARES, R. A. B.; LANA, R. M. Q.; LANA, A. M. Q.; KORNDÖRFER, G. H. Efeito de doses de torta de filtro e modo de aplicação sobre a produtividade e qualidade tecnológica da soqueira da cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.3, p. 618-624, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000300013>

FREITAS, T. S. **Benefícios do organomineral com cama de frango na qualidade física do solo em pastagens tropicais**. 2018, 49 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Goiás, Anápolis, 2018.

GALLET, D. S. **Parâmetros vegetativos, produtivos e nutricionais de cafeeiros em função de sistemas de manejo em Monte Carmelo, Minas Gerais.** 2021, 42p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Agronomia). Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2021.

GUERRINI, I. A.; MORO, L. Influência da aplicação de resíduos industriais de fábrica de celulose e papel em plantios de eucalipto: efeitos no solo e na planta. In: GUERRINI, I. A.; BELLOTE, A. F. J.; BÜLL, L. T. (Ed.). **Seminário sobre uso de resíduos industriais e urbanos em florestas.** Botucatu: Fundação de Estudos e pesquisas Agrícolas e florestais – FEPAF/UNESP, 1994. p. 189-215.

GUIMARÃES, P.T.G.; REIS, T.H.P. Nutrição e adubação do cafeeiro. In: Reis, P.R.; Cunha, R.L. da. **Café Arábica: do plantio à colheita.** Lavras: EPAMIG SM, 2010, 896p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ÁRVORES- IBÁ. **Relatório 2017.** São Paulo: IBÁ, 2018.

LAVIOLA, B. G. **Dinâmica de macronutrientes em folhas, flores e frutos de cafeeiro arábico em três níveis de adubação.** 2004. 111 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

LAVIOLA, B. G.; MARTINEZ, H. E. P.; SALOMÃO, L. C. C.; CRUZ, C. D.; MENDONÇA, S. M. Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em quatro altitudes de cultivo: cálcio, magnésio e enxofre. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, [S.l.], v.31, p.1451-1462, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000600022>

LEITE, M. A. **Fertilizante organomineral peletizado na cultura do algodoeiro.** 2019, 20f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

LEMOS, L. B. **Milho:** a utilização de produtos com liberação controlada e fertilizantes organominerais tem aumentado significante, reduzindo perdas e melhorando o solo. In: Anuário Brasileiro de Tecnologia em nutrição Vegetal. São Paulo, 2017.

LEVRERO, C.R. **Fertilizante organomineral: a serviço do mundo.** In: Fórum Abisolo, 2009.

MAGALÃES, W. B. **Sistema radicular e suas interações como desenvolvimento e nutrição do cafeeiro.** 2021. 175 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2021.

MALAVOLTA, E. **Nutrientes de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. p. 251.

MARTINS, D. C. **Adubação fosfatada organomineral no cultivo de grãos em solos de fertilidade construída.** 2018, 54p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.

MATIELLO, J. B. **Cultura de café no Brasil:** Manual de recomendações. 3. ed. Varginha: Procafé, 2016. cap. 5.2. p. 205-282.

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, S.R.; FERNANDES, D.R. **Cultura de café no Brasil**: Novo manual de recomendações. Rio de Janeiro, MAPA /PROCAFE, 2005. 438p.

MENDONÇA, R. F. de; RODRIGUES, W.N.; MARTINS, L.D.; TOMAZ, M.A. Abordagem sobre a bienalidade de produção em plantas de café. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.7, n.13; 2011.

MORAIS, E. R. **Aplicação de fertilizante organomineral de lodo de esgoto e bioestimulante na cana-de-açúcar**. 2017. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

MOREIRA, J. G. **Solubilidade de fertilizantes organominerais peletizados a base de biossólido e torta de filtro**. 2018. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

NASCIMENTO, P. C.; LANI, J. L.; MENDONÇA, E. S.; ZOFFOLI, H. J. O.; PEIXOTO, H. T. M. Teores e características da matéria orgânica de solos hidromórficos do espírito santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.I.], v.34, p. 339- 348, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000200007>

NELISSEN, V.; RUTTING, T.; HUYGENS, D.; STAELENS, J.; RUYSSCHAERT, G.; TEIXEIRA, W. G. Maize biochars accelerate short-term soil nitrogen dynamics in a loamy sand soil. **Soil Biology & Biochemistry**, New York, v. 55, p. 20-27, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.05.019>

NUNES, J. D. Torta de Filtro: de resíduo a produto nobre. **Revista Ideas News**, [S.I.], Ribeirão Preto, v. 8, n. 92, p. 22-30, 2008.

OLIVEIRA, G. R. **Validação do processo de digestão e de peletização de cama de aviário para a produção de fertilizante organomineral**. 2014. 211 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

PEREIRA, S. P.; BARTHOLO, G. F.; BALIZA, D. P.; SOBREIRA, F. M.; GUIMARÃES, R. J. 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. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000200006>

PORTUGAL, J. R.; TARSITANO, M. A. A.; PERES, A. R.; ARF, O.; CASTILHO GITTI, D. Organic and mineral fertilizer application in upland rice irrigated by sprinkler irrigation: economic analysis. **Científica**, [S.I.], v.44, n.2, 146-155, 2016. DOI: <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2016v44n2p146-155>

RAMÍREZ, F.; BERTSCH, F.; MORA, L. Consumo de nutrientes por los frutos y bandolas de café Caturra durante um ciclo de desarrollo y maduración en Aquiares, Turrialba. **Agron. Costarricense**, Costa Rica, v.26, p. 33-42, 2002.

REIS, M. R. **Redistribuição de nutrientes em razão da fenologia da frutificação do café arábica**. 2019. 46f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

RIBEIRO, V. A. **Fertilizante organomineral peletizado na cultura da soja em solo de cerrado**. 2019. 26f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

RODRIGUES, C. M. **Efeito da aplicação de resíduos da indústria de papel e celulose nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, na nutrição e biomassa de *Pinus taeda* L.** 2004. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

ROSSETTO, R.; SPIRONELLO, A.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. 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>

SÁ, J. M.; **Avaliação de fertilizante organomineral fosfatado produzido com cama de frango e das perdas de fósforo em solo do oeste da Bahia**. 2017, 95 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2017.

SAKIYAMA, N. S.; MARTINEZ, H. E. P.; TOMAZ, M. A.; BORÉM, A. Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação. **Café arábica do plantio à colheita**. Viçosa-MG, Ed. UFV, 2015.

SALUCI, J. C. G.; JAEGGI, M. E. P. C.; TOLENTINO, K. G.; MONTEIRO, E. C., CARVALHO, A. H. O.; LIMA, W. L. de. Biometria e produção de plântulas de rabanete em diferentes substratos orgânicos. **Cadernos de agroecologia**, [S.I.], v. 10, n. 1, 2015.

SANTOS, D. H.; TIRITAN, C. S. FOLONI, J. S. S.; FABRIS, L. B. Produtividade de cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 454-461, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1983-40632010000400002>

SANTOS, D. H.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S. Efeito residual da adubação fosfatada e torta de filtro na brotação de soqueiras de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Dourados, v. 5, n. 15, p. 1-6, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000500002>

SILVA JUNIOR, J. **Matéria orgânica do solo em sistemas de produção agrícola e cerrado do oeste baiano**. 2019, 94 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, 2019.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E, S. Matéria orgânica do solo. NOVAIS, R. F.; VENEGAS, V. H. A.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed). **Fertilidade do solo**. Viçosa: UFV, 2007, v.1, p. 275- 374.

SILVA, R. M. O.; RECH, I., FRABÇA, A. A.; SCHIAVINI, J. A.; PIRES C. A.; BALIEIRO, F. C.; POLIDORO, J. C.; CAMPOS, D. V. B. Liberação de fósforo de fertilizantes organominerais e sua influência na fertilidade do solo. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 29.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 12.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 11.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO**, 8. 210. [S.I.],: FertBio, 2010.

SOUSA, R. T. X. **Fertilizante organomineral para a produção de cana-de-açúcar**. 2014, 71 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

SOUSA, R. T. X.; HENRIQUE, H. M.; KORNDÖRFER, G. H. **Teste de performance 43 em híbridos de Milho com uso de Geofert em Santana de Vargem - MG**. Empresa 44 Geociclo, Minas Gerais. 2012, 10 p.

SOUZA, B. R. F. **Efeito residual da adubação orgânica e mineral nos atributos de produtividade e agroindustriais na cana-soca**. 2013. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Programa de pós-graduação em agronomia. Aquidauana, 2013.

SOUZA, M. T.; FERREIRA, S. R.; MENEZES, F. G.; RIBEIRO, L. S.; SOUSA, I. M.; PEIXOTO, J. V. M.; SILVA, R. V.; MORAES, E. R. Altura de planta e diâmetro de colmo em cana-de-açúcar de segundo corte fertilizada com organomineral de lodo de esgoto e bioestimulante. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.6, n.1, p. 1988-1994, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n1-141>

TEIXEIRA, W. G. **Biodisponibilidade de fósforo e potássio provenientes de fertilizantes mineral e organomineral**. 2013. 115f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

TIRITAN, C. S.; SANTOS, D. H.; FOLONI, J. S. S.; JUNIOR, R. A. 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>

ZANDONADI, D. B.; SANTOS, M. P.; MEDICI, L. O.; SILVA J. 2014. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, [S.I.], v.32, n.1, p 14-20, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362014000100003>

CAPÍTULO 2

Fontes e doses de fertilizantes especiais na cultura do cafeeiro

RESUMO

MOTA, RAQUEL PINHEIRO DA. **Fontes e doses de fertilizantes especiais na cultura do cafeeiro**. 2023. 32f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

O café é uma commodity de alta expressividade no país e no mundo, além de apresentar elevada exigência nutricional para o seu desenvolvimento vegetativo e reprodutivo. Diferentes fontes de fertilizantes são utilizadas para suprir a demanda nutricional da planta. Entretanto, com baixa eficiência relativa de aproveitamento principalmente das fontes de fertilizantes convencionais. Neste contexto, objetivou-se avaliar a resposta de diferentes fontes e doses de fertilizantes especiais em relação ao mineral convencional na cultura do café. O experimento foi composto por um delineamento de blocos casualizados (DBC), num esquema fatorial 4x4, com quatro repetições. O primeiro fator formado por quatro tipos de fertilizantes: mineral convencional, mineral com polímero, organomineral com resíduo celulósico (OMRC) e organomineral com torta de filtro (OMTF) e quatro doses testadas (50%, 75%, 100% e 125%) a partir da recomendação para a cultura 1º ano (350 Kg N/ha; 50 Kg P₂O₅/ha; 300 Kg K₂O/ha) e 2º ano (500 Kg N/ha; 100 Kg P₂O₅/ha; 80 Kg K₂O/ha). Foram avaliadas variáveis de crescimento: altura de planta, diâmetro da copa e taxa de incremento dos ramos plagiotrópicos, além de clorofila. Foram analisados também teores de nutrientes no solo e na folha após as aplicações dos fertilizantes, assim como dados de colheita e qualidade de bebida após a maturação dos frutos. Em dados biométricos, os fertilizantes organominerais apresentaram resposta superior, entretanto o OMRC em maiores doses e OMTF em menores doses. Para o teor de N, P e K foliar, os organominerais apresentaram respostas superiores em relação as fontes convencionais. Assim como, para teores de P e K no solo esses fertilizantes apresentaram teores superiores em relação as demais fontes. Para produtividade, não houve diferença significativa. Os fertilizantes organominerais, independentemente da dose apresentaram boa resposta em relação ao fertilizante convencional quanto as variáveis de crescimento, podendo substituir o mesmo no manejo de fertilizantes no cafeeiro.

Palavras-chave: resíduos orgânicos, eficiência, matéria orgânica, aproveitamento, sustentabilidade.

Professor Orientador: Reginaldo de Camargo- UFU

ABSTRACT

MOTA, RAQUEL PINHEIRO DA. **Sources and rates of special fertilizers in coffee crop (*Coffea arabica* L.)**. 2023. 32f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

Coffee is an expressive commodity in the Brazil and in the world with a high nutritional requirement for the development. Different sources of fertilizers are used to supply the nutritional demand of the plant. However, with low relative use efficiency mainly of conventional fertilizer sources. In this context, the objective was to evaluate the response of different sources and doses of special fertilizers in relation to the conventional mineral in the coffee crop. The experiment consisted of a randomized block design (RBD), in a 4x4 factorial scheme, with four replications. The first factor was formed by four types of fertilizers: conventional mineral, mineral with polymer, organomineral with cellulose residue (OMCR) and organomineral with filter cake (OMFC) and four tested doses (50%, 75%, 100% and 125%) from the recommendation to the culture. Growth variables were evaluated: plant height, canopy diameter and increment rate of plagiotropic branches, and chlorophyll. Nutrient contents in the soil and leaf after fertilizer applications were also analyzed, as well as coffee yield and quality after fruit maturation. In biometric data, the organomineral fertilizers showed good response, however the OMCR in higher doses and OMFC in lower doses. For leaf nitrogen, phosphorus and potassium content, the organominerals showed superior responses compared to conventional sources. For yield, there was no significant difference. The organomineral fertilizers showed a good response in relation to the conventional fertilizer regarding the growth variables, being able to replace it in the management of fertilizers in the coffee.

Keywords: organic waste, efficiency, organic matter, utilization, sustainability.

Supervising committee: Reginaldo de Camargo- UFU

1 INTRODUÇÃO

O cultivo de café (*Coffea arabica* L.) tem alta expressividade no Brasil, sendo uma das commodities mais comercializadas no mundo (LOPES JUNIOR, et al., 2022). Entretanto, é uma cultura que exige alto nível tecnológico e manejo adequado para atingir altas produtividades (AGUIAR; LEME, 2020). Para isso, se faz necessário atender as principais exigências da cultura, dando maior destaque ao manejo de fertilidade que forneça toda demanda nutricional da planta por meio de diferentes fontes de fertilizantes (GUARÇONI; SOUZA; PAYE, 2019).

Dentre as principais fontes de fertilizantes, têm-se: fertilizantes minerais convencionais, fertilizantes minerais protegidos (polímero) e fertilizantes organominerais (FOM). Em 2022 teve-se um aumento expressivo da utilização da última fonte, impulsionado pela crise de fertilizantes que evidenciou a dependência de importação de fontes convencionais, associado a uma busca crescente por fontes alternativas que priorize o uso de matéria prima nacional (resíduos orgânicos) fornecendo não apenas nutrientes, mas promovendo também um maior aproveitamento desses nutrientes com eficiência, otimizando o uso de fertilizantes, isso aumentou a visibilidade e importância do uso de fertilizante organomineral no país.

A associação de fertilizantes inorgânicos com alto teor de nutrientes com uma matriz orgânica resulta num fertilizante organomineral (KOMINKO et al., 2019). Segundo, Costa et al. (2018), essa fonte de fertilizante permite o maior aproveitamento dos nutrientes pelas plantas, devido a presença de matéria orgânica na composição do FOM. Fato esse de grande relevância para o cafeeiro que exige altas quantidades de nutrientes, e possui uma baixa eficiência relativa no aproveitamento dos nutrientes dos fertilizantes minerais convencionais aplicados.

Dentre os principais fatores responsáveis pela baixa eficiência das fontes convencionais, destaca-se a: perda por volatilização do nitrogênio (N), fixação do fósforo (P) e lixiviação do potássio (K) (CAIXETA et al., 2021; ARAUJO et al., 2020; RIBEIRO et al., 2022). Assim, o maior aproveitamento dos nutrientes ao utilizar uma fonte de FOM, além de proporcionar menor custo de produção, contribui também para uma agricultura mais sustentável (GARCIA; MENDES, 2022).

Entretanto, considerando que a tecnologia dos fertilizantes organominerais está em desenvolvimento contínuo, se faz necessário a realização de mais estudos científicos

com resultados consistentes na recomendação de qual dose desse fertilizante é mais eficiente na cultura do café em relação às demais fontes de fertilizantes.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a resposta de diferentes fontes e doses de fertilizantes especiais em relação ao mineral convencional na cultura do café.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área

O experimento foi conduzido entre os meses de setembro de 2020 a julho de 2022 e instalado em condições de campo na Fazenda São Sebastião na cultura do café (*Coffea arabica* cv. Mundo Novo) por duas safras consecutivas, safra 20/21 (café de 2º colheita) e safra 21/22 (café de 3º colheita), entre as coordenadas 18°56'08" S e 47°56'11" W, município de Indianópolis, Minas Gerais/Brasil. A região apresenta altitude média de 911 m e clima do tipo Aw caracterizado como tropical chuvoso (ANTUNES, 1986). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa (EMBRAPA, 2018).

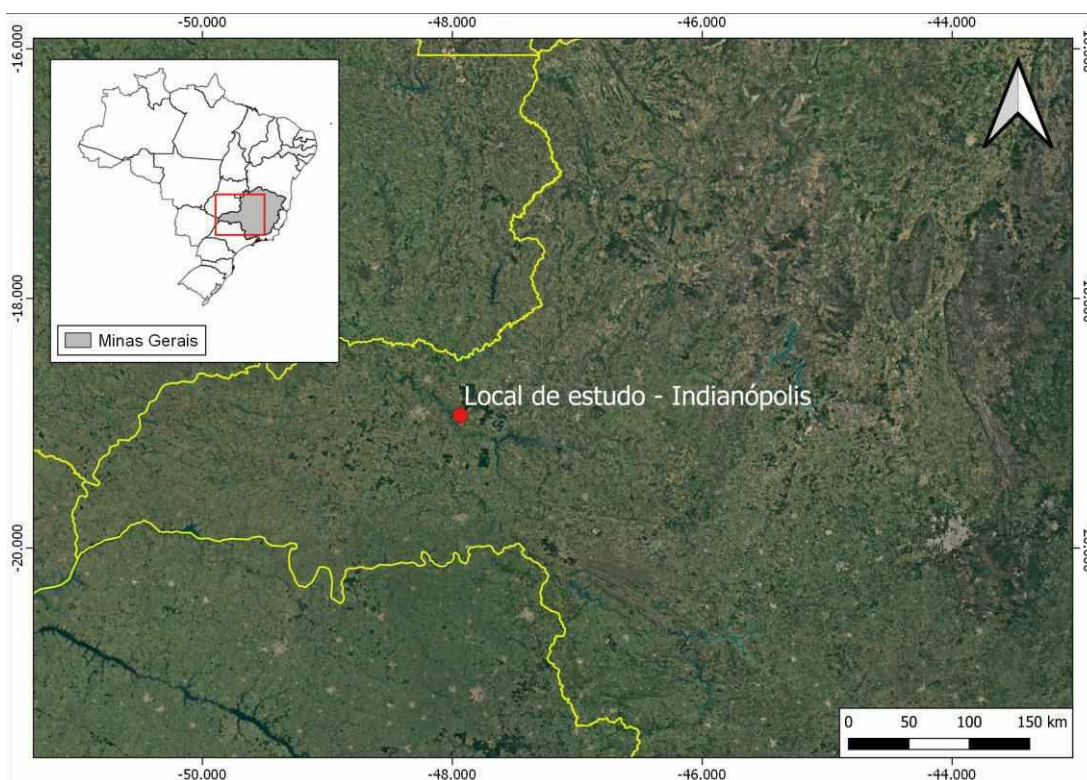


Figura 1. Localização do experimento. Indianópolis- MG.

2.2 Delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (DBC) no esquema fatorial 4x4, totalizando 16 tratamentos com quatro repetições, gerando um total de 64 parcelas experimentais, constituídas por seis plantas cada. Foram testados quatro tipos de

fertilizantes (mineral convencional, mineral com polímero, organomineral com celulose e organomineral com torta de filtro) em quatro doses (50%, 75%, 100% e 125%) a partir da recomendação para a cultura do café (Tabela 1).

Tabela 1. Fontes de fertilizante, quantidade dos nutrientes de acordo com a taxa de eficiência e recomendação dos fertilizantes. Indianópolis- MG.

Ano 1			
Fonte de fertilizante	N, P₂O₅, K₂O*	Dose	Quantidade final
Mineral convencional	(kg há⁻¹)	(%)	(kg há⁻¹)
(45-00-00)	175	50	388,8
(45-00-00)	263	75	584,4
(45-00-00)	350	100	777,7
(45-00-00)	438	125	973,3
(12-52-00)	25	50	48,1
(12-52-00)	38	75	73,1
(12-52-00)	50	100	96,2
(12-52-00)	63	125	121,2
(00-00-60)	150	50	250,0
(00-00-60)	225	75	375,0
(00-00-60)	300	100	500,0
(00-00-60)	375	125	625,0
Mineral com polímero			
(45-00-00)	175	50	388,8
(45-00-00)	263	75	584,4
(45-00-00)	350	100	777,7
(45-00-00)	438	125	973,3
(12-52-00)	25	50	48,1
(12-52-00)	38	75	73,1
(12-52-00)	50	100	96,2
(12-52-00)	63	125	121,2
(01-00-57)	150	50	85,5
(01-00-57)	225	75	394,7
(01-00-57)	300	100	526,3
(01-00-57)	375	125	657,9
Organomineral com celulose			
(25-00-00)	175	50	700,1
(25-00-00)	263	75	1052,1
(25-00-00)	350	100	1400,0
(25-00-00)	438	125	1752,0
(05-26-00)	25	50	96,2
(05-26-00)	38	75	146,2
(05-26-00)	50	100	192,3

(05-26-00)	63	125	242,3
(00-00-32)	150	50	468,8
(00-00-32)	225	75	703,1
(00-00-32)	300	100	937,5
(00-00-32)	375	125	1171,8
Organomineral com torta de filtro			
(29-00-00)	175	50	603,4
(29-00-00)	263	75	906,9
(29-00-00)	350	100	1206,9
(29-00-00)	438	125	1510,3
(06-30-00)	25	50	83,3
(06-30-00)	38	75	126,6
(06-30-00)	50	100	166,6
(06-30-00)	63	125	210,0
(00-00-35)	150	50	428,6
(00-00-35)	225	75	642,9
(00-00-35)	300	100	857,1
(00-00-35)	375	125	1071,4
Ano 2 (safra 21/22)			
Fonte de fertilizante	N, P₂O₅, K₂O	Dose	Quantidade final
Mineral convencional	(kg há⁻¹)	(%)	(kg há⁻¹)
(45-00-00)	250	50	555,6
(45-00-00)	375	75	833,3
(45-00-00)	500	100	1111,1
(45-00-00)	625	125	1388,9
(12-52-00)	50	50	96,2
(12-52-00)	75	75	144,2
(12-52-00)	100	100	192,3
(12-52-00)	125	125	240,4
(00-00-60)	40	50	66,7
(00-00-60)	60	75	100,0
(00-00-60)	80	100	133,3
(00-00-60)	103	125	171,7
Mineral com polímero			
(45-00-00)	250	50	555,6
(45-00-00)	375	75	833,3
(45-00-00)	500	100	1111,1
(45-00-00)	625	125	1388,9
(12-52-00)	50	50	96,2
(12-52-00)	75	75	144,2
(12-52-00)	100	100	192,3
(12-52-00)	125	125	240,4
(01-00-57)	40	50	70,2

(01-00-57)	60	75	105,3
(01-00-57)	80	100	140,4
(01-00-57)	103	125	180,7
Organomineral com celulose			
(25-00-00)	250	50	1000,0
(25-00-00)	375	75	1500,0
(25-00-00)	500	100	2000,0
(25-00-00)	625	125	2500,0
(05-26-00)	50	50	192,3
(05-26-00)	75	75	288,5
(05-26-00)	100	100	384,6
(05-26-00)	125	125	480,8
(00-00-32)	40	50	125,0
(00-00-32)	60	75	187,5
(00-00-32)	80	100	250,0
(00-00-32)	103	125	321,9
Organomineral com torta de filtro			
(29-00-00)	250	50	862,1
(29-00-00)	375	75	1293,1
(29-00-00)	500	100	1724,1
(29-00-00)	625	125	2155,2
(06-30-00)	50	50	166,7
(06-30-00)	75	75	250,0
(06-30-00)	100	100	333,3
(06-30-00)	125	125	416,7
(00-00-35)	40	50	114,3
(00-00-35)	60	75	171,4
(00-00-35)	80	100	228,6
(00-00-35)	103	125	294,3

N, P₂O₅, K₂O*: Foram descontados das formulações nitrogenadas a pontuação de N adicional que estava presente nas formulações fosfatadas.

2.3 Caracterização dos fertilizantes

Os diferentes fertilizantes apresentam formulações específicas (Tabela 2) para o fornecimento de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente. O fertilizante mineral convencional apresentou-se na formulação (45-00-00), (12-52-00) e (00-00-60). No fertilizante mineral com polímero foram utilizadas as formulações (45-00-00), (12-52-00) e (01-00-57). Para o fertilizante organomineral a base de composto de celulose as formulações foram (25-00-00), (05-26-00) e (00-00-32). Já para o fertilizante organomineral a base de torta de filtro foram utilizadas as formulações (29-00-00), (06-30-00) e (00-00-35) contendo torta de filtro como matriz orgânica. As matérias primas

para fabricação dos fertilizantes organominerais foram idênticas ao mineral convencional (Ureia, MAP e Kcl).

Tabela 2. Caracterização química dos fertilizantes e da matriz orgânica dos fertilizantes organominerais. Indianópolis- MG.

Fertilizante	Forma	Características			
		N	P	K	Relação C/N
Mineral convencional					
(45-00-00)	granulado	45	0	0	---
(12-52-00)	farelado	12	52	0	---
(00-00-60)	granulado	0	0	60	---
Mineral com polímero					
(45-00-00)	granulado	45	0	0	---
(12-52-00)	granulado	12	52	0	---
(01-00-57)	granulado	1	0	57	---
Organomineral com celulose*					
(25-00-00)	farelado	25	0	0	1/1
(05-26-00)	granulado	5	26	0	1/1
(00-00-32)	granulado	0	0	32	1/1
Organomineral com torta de filtro*					
(29-00-00)	farelado	29	0	0	1/1
(06-30-00)	farelado	6	30	0	1/1
(00-00-35)	farelado	0	0	35	1/1
Matriz Orgânica**		COT	N Total	P₂O₅ Total	K₂O solúvel
Celulose		17,7	1	0,7	0,4
Torta de Filtro		29,6	2,7	3,34	<L.Q.

* Valores considerando estado do Fertilizante in natura. [N Total] = Digestão Sulfúrica; P, K: Digestão Nitro Percloreto; Absorção Atômica. **Umidade Total (%) = POP-MET-022 | Referência: Manual de Métodos Analíticos Oficiais - MAPA; N (total) (%) = POP-MET-002 Referência: AOAC, 2007 - Método 993.13 - Dumas | L.Q.: Faixa de 0,1 a 67%; P₂O₅ (Total) (%) = POP-MET-018 | Referência: Manual de Métodos Analíticos Oficiais - MAPA | L.Q.: 0,23 %; K₂O (solúvel em água) (%) = POP-MET-020 | Referência: Manual de Métodos Analíticos Oficiais - MAPA | L.Q.: 0,44% de K₂O; COT: carbono orgânico total.

A caracterização química do Fertilizante Organomineral foi realizada no Laboratório Lab Fert, na cidade de Araguari- MG, enquanto os atributos químicos da torta de filtro foram analisados no Laboratório Exata de análises agroindustriais de Jatai- GO.

2.4 Histórico da área

A lavoura de café (*Coffea arabica* cv. Mundo Novo) foi instalada em dezembro de 2017 por intermédio do preparo convencional de solo com o uso de grade, com espaçamento de 3.8 x 0,7 m, com 3.759 plantas ha⁻¹. Foi realizada calagem (2 ton há⁻¹)

para correção do solo para posterior adubação. No momento do plantio foi incorporado esterco bovino e adubos de fontes fosfatadas (Top Phos) com composição 3% de N; 28% de P; 10% de Ca; 5% de S; 0,12% de Cu; 0,12% de B; 0,3% de Mn e 0,3% de Zn. A adubação da lavoura em formação compreendida entre os meses de outubro a março do ano de 2018 e 2019, foi realizada utilizando como fonte de Nitrogênio, a combinação de nitrogênio nítrico e amoniacal de formulação (27-00-00) e a fonte de fertilizante a base de fósforo utilizado apresenta formulação (00-18-00). Além da adubação por fertirrigação e adubação foliar para complementação de micronutrientes.

De modo a controlar as plantas invasoras, foi realizada capina e aplicação de glifosato, segundo as instruções de uso para cada espécie de planta infestante, além da remoção de ramos improdutivos por meio da desbrota. O sistema de irrigação da propriedade é do tipo localizado por gotejamento, que visa economia de água, grande potencial de automatização, aplicação mais eficiente e redução de mão de obra.

2.5 Caracterização do solo e folha

Conforme metodologia da Embrapa (EMBRAPA, 2017) foi determinada a textura do solo nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m (Tabela 3).

Tabela 3. Textura e caracterização química do solo (0,0-0,2 e 0,2-0,4 m) e caracterização foliar do café no início do experimento. Indianópolis- MG.

Caracterização física do solo											
Profundidade	Areia						Silte				Argila
m	-----g Kg ⁻¹ -----										
0.0 - 0.2	321						191				488
0.2 - 0.4	412						220				368
Caracterização química do solo											
Profundidade	pH	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T		
m	água	----- cmolc dm ⁻³ -----									
0.0 - 0.2	5.9	0.2	2.5	0.6	0.0	3.8	3.32	3.32	7.12		
0.2 - 0.4	5.7	0.2	1.8	0.4	0.0	3.8	2.43	2.43	6.23		
Profundidade	P meh-1	V	m	M.O	B	Cu	Fe	Mn	Zn		
m	mg dm ⁻³	----%----	dag kg ⁻¹		-----mg dm ⁻³ -----						
0.0 - 0.2	8.9	47	0	3.0	0.55	5.10	47	7.8	3.6		
0.2 - 0.4	7.4	39	0	2.9	0.56	4.50	43	3.8	2.2		
Caracterização química da folha											
N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
-----g Kg ⁻¹ -----						-----mg Kg ⁻¹ -----					

34 1.9 23 12.4 3.3 1.8 38 7 220 103 9

Areia, silte e argila determinado pelo método da pipeta (agitação lenta); P, K=(HCL 0.05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0.0125 mol L⁻¹) P disponível (extrator Mehlich-1); Ca, Mg, Al (KCl 1 mol L⁻¹); H+Al= (Solução Tampão SMP a pH 7.5); SB= Soma de Bases; t= CTC efetiva; T= CTC a pH 7.0; V= Saturação por bases; m= Saturação por Alumínio (EMBRAPA, 1997), M.O = Método Colorimétrico. B = (BaCl₂.2H₂O 0.0125% à quente); Cu, Fe, Mn, Zn= (DTPA 0.005 mol L⁻¹ + TEA 0.1 mol L⁻¹ + CaCl₂ 0.01 mol L⁻¹ a pH 7.3). Caracterização química da folha: N: Digestão sulfúrica; P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn: Digestão nitro perclórico; B: Incineração

A análise textural do solo foi realizada no Laboratório de Manejo do Solo (LAMAS) da Universidade Federal de Uberlândia. Já as análises químicas de solo e de folha foram realizadas no Laboratório Safrar análises agrícolas na cidade de Uberlândia-MG.

2.6 Manejo e condução do experimento

Os tratos culturais necessários foram realizados durante todo o ciclo da cultura, tais como: controle de infestantes, controle de pragas, doenças e outros. Diferindo apenas quanto a forma de adubação. A aplicação de corretivo para correção de acidez não foi necessária durante a realização do experimento, uma vez que foi constatado por meio de análise do solo que o mesmo estava dentro da faixa de pH ideal no período do início do experimento. Amostras de solo para recomendação dos fertilizantes foram coletadas no período de setembro de 2020 e 2021 que antecedeu as aplicações dos fertilizantes, a fim de realizar a caracterização física e química do solo, além da coleta de folhas para análise foliar (dezembro).

As doses dos Fertilizantes foram calculadas com base na produtividade esperada da cultura e na classe de disponibilidade dos nutrientes no solo. Quanto as aplicações dos fertilizantes, o mineral convencional foi aplicado em três parcelamentos (outubro, dezembro e janeiro), e os fertilizantes mineral com polímero, organomineral com celulose e torta de filtro foram aplicados em apenas dois parcelamentos (outubro e dezembro).

2.7 Avaliações

2.7.1 Variáveis de crescimento e clorofila

Taxa de incremento dos ramos plagiotrópicos: medido com uma régua graduada do ponto de inserção do ramo até a gema terminal, em centímetros.

Diâmetro da copa: medido com uma régua graduada, tomando-se como padrão de medida os dois ramos no sentido das entrelinhas que apresentaram o maior comprimento, em centímetros.

Altura da planta: medida com uma régua do nível do solo até o ponto de inserção da gema terminal, em centímetros.

Clorofila: medido por meio do aparelho portátil (SPAD- 502 Plus Minolta) conforme (MINOLTA CAMERA, 1989) nas folhas de café no período da manhã até as 10:00h.

2.7.2 Teores de nutrientes no solo e nas folhas

A amostragem foliar foi realizada em janeiro de 2021 e 2022, onde foram coletadas de 40 a 50 pares de folhas do 3º e 4º par de ramos produtivos, nos quatro quadrantes do terço médio das quatro plantas centrais da parcela, a fim de determinar os teores nutricionais de (N, P e K) da folha.

As amostras de solo foram coletadas em maio de 2021 e 2022, com trado tipo sonda, nas profundidades de 0.0- 0,20 m na área da parcela útil, a fim de determinar os teores nutricionais de (P e K) do solo.

O solo e as folhas coletadas, foram acondicionados em sacos de plástico e sacos de papel perfurados devidamente identificadas e enviadas para o Laboratório Safrar Análises Agrícola, para determinação dos macronutrientes, conforme metodologia de (BATAGLIA et al., 1983).

2.7.3 Produtividade e qualidade de bebida

A colheita da lavoura foi realizada em cada parcela útil por meio de derriça manual no pano. Determinou-se o início da colheita em função do menor percentual possível de frutos verdes na planta (< 10%). Após a determinação do volume produzido pela parcela, retirou-se amostra de 10 L, cuja secagem foi feita em terreiro. Após atingir a umidade de 11%, determinaram-se a massa e o volume do café em coco. Posteriormente, as amostras foram beneficiadas e novamente determinaram-se a massa, o volume e a umidade do café. Com base na relação do volume da amostra de 10 L do café colhido no pano e da massa da amostra beneficiada, determinou-se a produção por parcela, para posteriormente extrapolá-la para produtividade em sacas ha⁻¹.

Para a avaliação da qualidade da bebida, foram selecionados uma amostra de 3,0L de frutos de café no estágio cereja dentro de cada parcela útil. Posteriormente foi feita a secagem em terreiro até atingir umidade de 11%, beneficiamento, torra para análise

sensorial da bebida e pontuação da bebida de acordo metodologia de classificação da Associação americana de café especiais (SCAA, 2008).

2.8 Análise estatística

Foi realizada a análise de valores extremos (outliers) nos dados de cada variável estudada por meio de gráficos boxplot dos resíduos gerados no software SPSS Statistics® (CHAMBERS et al., 1983). Valores atípicos identificados foram tratados como parcelas perdidas e substituídos por valores estimados pelo método de soma mínima dos quadrados de resíduos. Em seguida, cada outlier (parcela perdida) substituído, teve um grau de liberdade removido do erro experimental na análise de variância subsequente (ANOVA-F-teste) (PIMENTEL GOMES et al., 2002).

O software SPSS Statistics® também foi utilizado para confirmar a normalidade da distribuição de resíduos por Shapiro-Wilk (pressuposições básicas para a ANOVA, $p > 0,01$) e os coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis. Sendo fundamental que os dados estejam normalmente distribuídos e sem outliers para evitar erros associados à computação e interpretação da correlação de Pearson (FILHO & SILVA, 2009).

Após a confirmação das pressuposições, foi realizada a análise de variância (teste F) por meio do programa estatístico SISVAR® e, quando foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos (doses de fertilizantes), foram analisadas regressões (significância de 0.05 e $R^2 > 70\%$). Os gráficos foram gerados pelo software Sigma Plot®.

Foi realizado também análise de contraste por Scheffé após a checagem da significância da diferença apresentada após anava, $p < 0,05$ para as variáveis de produtividade e qualidade de bebida.

3 RESULTADOS

Na Tabela 4 são apresentados os resultados para as variáveis clorofila, altura de planta, diâmetro do colmo e desenvolvimento do ramo plagiotrópico nas duas épocas de avaliação (safra 20/21 e safra 21/22).

Para a safra 20/21, apenas as variáveis clorofila e altura apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$). Já para a segunda época de avaliação (21/22), apenas a variável diâmetro da copa apresentou diferença significativa. Os fertilizantes e doses testados não interferiram no desenvolvimento de ramos plagiotrópicos.

A utilização do fertilizante organomineral com resíduo celulósico (OMRC) na maior dose avaliada (125%) apresentou resultado superior aos demais tratamentos, sendo que o tratamento com organomineral com torta de filtro (OMTF) apresentou resultados inferiores aos demais tratamentos. Nas condições desse experimento para clorofila não foi observada diferença significativa entre as fontes minerais. Para as demais doses testadas, as fontes de fertilizantes (independente se mineral ou organomineral) não apresentaram diferenças significativas.

Tabela 4. Clorofila, altura de planta (cm), diâmetro da copa (cm) e taxa de incremento dos ramos plagiotrópicos (cm). Indianópolis- MG.

Doses	Safra 20/21				Safra 21/22			
	Mineral	MineralP	OMRC	OMTF	Mineral	MineralP	OMRC	OMTF
Clorofila								
50	84,29a	86,46a	94,45a	84,61a	72,31	69,40	69,79	70,21
75	90,29a	102,19a	93,44a	77,51a	70,81	70,32	70,58	68,91
100	73,90a	103,05a	77,50a	93,62a	69,02	68,35	71,41	72,27
125	84,98ab	84,27ab	112,18a	70,73b	67,05	70,71	68,10	72,58
$\bar{Y}_{\text{fertilizantes}}$	83,36	93,99	94,39	81,62	69,80	69,70	69,97	70,99
P_{fertilizantes}	0,04				0,50			
P_{doses}	0,90				0,84			
P_{interação}	0,03*				0,06			
C.V. (%)	18,03				3,79			
Altura da planta								
50	240,06	246,58	243,31	247,44	278,50	277,75	276,75	281,00
75	248,06	249,12	249,31	245,81	281,5	275,25	282,00	280,25
100	238,63	247,87	242,62	242,31	277,00	277,75	276,25	276,75
125	241,81	246,58	246,68	243,37	280,75	279,00	277,75	273,5
$\bar{Y}_{\text{fertilizantes}}$	242,14b	248,09a	245,23ab	244,73ab	279,44	277,44	278,19	277,88

P_{fertilizantes}	0,03*								0,84
P_{doses}	0,06								0,65
P_{interação}	0,77								0,76
C.V. (%)	2,23								2,33
Diâmetro da copa									
50	198,50	204,75	198,31	198,41	186,50a	187,25a	175,50a	184,25a	
75	202,69	193,38	201,38	200,69	177,75a	190,00a	184,50a	187,25a	
100	194,31	197,38	205,13	201,56	182,00a	179,75a	193,00a	182,50a	
125	199,94	192,33	197,38	201,00	185,50a	180,50a	183,25a	182,75a	
$\bar{Y}_{fertilizantes}$	198,86	196,96	200,55	200,42	182,94	184,38	184,06	184,19	
P_{fertilizantes}	0,61								0,94
P_{doses}	0,87								0,88
P_{interação}	0,48								0,02*
C.V. (%)	4,33								4,31
Ramo plagiotrópico									
50	20,51	15,29	16,80	17,15	95,24	97,02	90,60	98,21	
75	11,25	15,90	15,59	17,12	98,39	96,14	98,60	101,39	
100	16,50	17,06	15,45	18,74	100,74	96,02	98,62	99,85	
125	18,60	18,08	14,37	16,15	98,81	96,19	94,01	98,30	
$\bar{Y}_{fertilizantes}$	16,72	16,58	15,55	17,29	98,29a	96,34a	95,46a	99,43a	
P_{fertilizantes}	0,57								0,05*
P_{doses}	0,23								0,07
P_{interação}	0,15								0,58
C.V. (%)	21,44								4,42

Mineral: Fertilizante mineral convencional; MineralP: fertilizante mineral com polímero; OMRC: organomineral com resíduo celulósico; OMTF: organomineral com torta de filtro. Médias seguidas de letras minúsculas e iguais na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0.05 de probabilidade.

As doses estudadas dentro de cada fonte de fertilizante interferem no teor de clorofila das plantas de café. Entretanto, apenas a fonte MineralP apresentou modelo (quadrático) que se ajustou aos dados (Figura 2).

As doses avaliadas não interferiram na altura da planta, conforme verifica-se na tabela 3, a utilização do MineralP apresentou maior ganho em altura já na primeira época de avaliação, não havendo diferença entre a utilização da fonte mineral ou das fontes de FOM's.

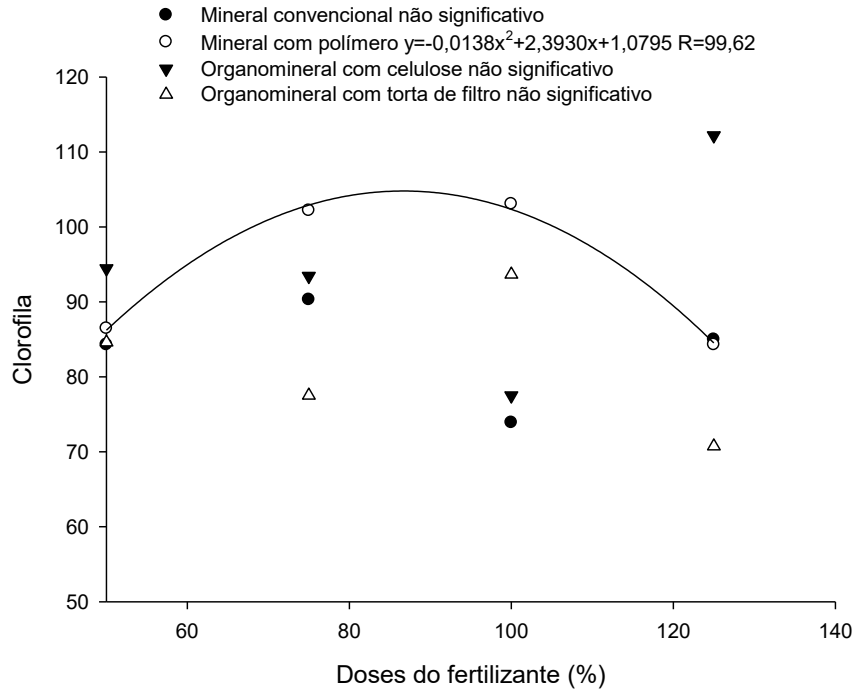


Figura 2. Interferência das doses de fertilizantes no teor de clorofila foliar safra 20/21.

O diâmetro da copa foi influenciado pelas fontes de fertilizantes e doses testadas apenas na segunda época de avaliação (safra 21/22), não observou-se diferença entre as fontes de fertilizantes independentemente da dose avaliada. Apenas a fonte OMRC apresentou modelo de regressão que se ajustou significativamente aos dados, conforme Figura 3.

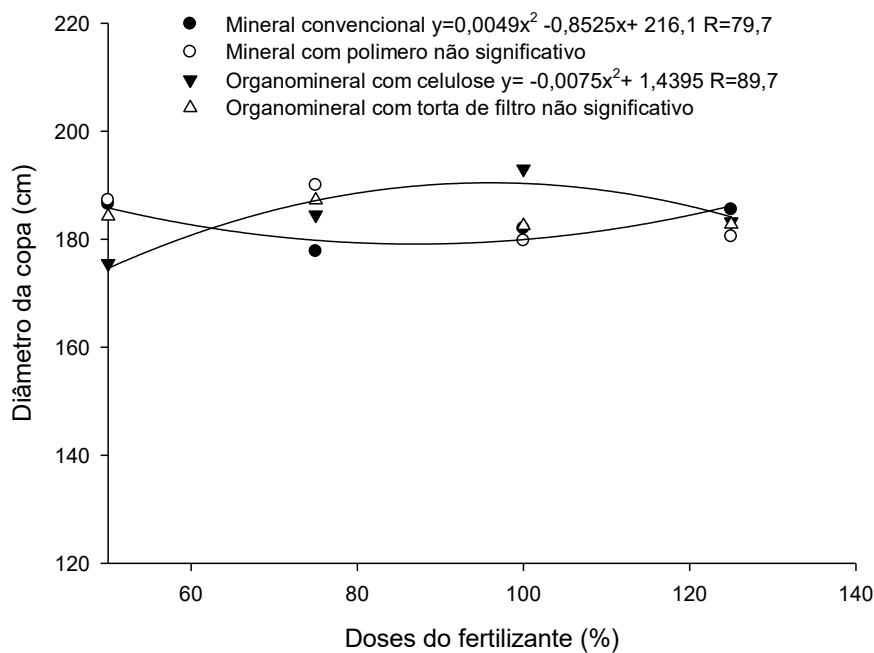


Figura 3. Interferência das doses de fertilizantes no diâmetro da copa do cafeeiro safra 21/22.

Ao analisar o efeito das fontes minerais e doses sobre o desenvolvimento do ramo plagiotrópico, não observou-se diferenças significativas, em função da época de avaliação (Tabela 4).

Na Tabela 5 são apresentados os teores de N, P e K foliares nas duas épocas de avaliação em relação às fontes de fertilizantes e doses aplicadas.

Para o teor de N foliar, na primeira época de avaliação (safra 20/21) a combinação fontes de fertilizantes e doses não interferiu nos teores de N foliar, contudo, a variação nas doses apresentou influência nos teores de N foliar, entretanto, os dados não se ajustaram a modelos de regressão, apresentando um R^2 muito baixo para os modelos linear e quadrático.

Na safra 21/22 a interação das fontes de fertilizantes com as doses avaliadas foi significativa e resultou em aumentos nos teores de N foliar (Tabela 5). Modelos de regressão para os teores de N foliar são apresentados na Figura 4. Conforme verifica-se apenas o MineralP e OMRC apresentaram dados que se ajustassem a um modelo linear para a variável em questão, as demais fontes de fertilizante apresentaram modelos de regressão quadráticos.

Tabela 5. Teores dos nutrientes Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K) na folha. Indianópolis- MG.

Doses	Safra 20/21				Safra 21/22			
	Mineral	MineralP	OMRC	OMTF	Mineral	MineralP	OMRC	OMTF
N								
50	29,05	30,63	28,25	30,30	26,15b	28,32b	32,17b	38,65a
75	27,80	27,30	29,08	26,83	32,77a	30,85a	33,55a	34,77a
100	29,20	29,10	28,78	29,17	32,12b	31,82b	38,22a	36,02b
125	28,45	30,32	29,67	29,07	30,57b	32,90b	40,85a	35,22ab
$\bar{Y}_{\text{fertilizantes}}$	28,63	29,13	28,94	28,85	30,41	30,97	36,2	36,17
P_{fertilizantes}	0,74				0,00*			
P_{doses}	0,002*				0,002*			
P_{interação}	0,08				0,002*			
C.V. (%)	4,47				13,17			
P								
50	1,28a	1,35a	1,32a	1,35a	1,47	1,75	1,75	1,73
75	1,45a	1,22b	1,42a	1,35ab	1,50	1,80	1,90	1,78
100	1,40a	1,40a	1,37a	1,30a	1,28	1,55	1,65	1,83
125	1,33a	1,30a	1,30a	1,33a	1,45	1,73	1,86	1,76
$\bar{Y}_{\text{fertilizantes}}$	1,36	1,32	1,36	1,33	1,42b	1,71a	1,79a	1,81 a
P_{fertilizantes}	0,42				0,00*			
P_{doses}	0,18				0,01*			
P_{interação}	0,03*				0,43			
C.V. (%)	6,28				8,66			
K								
50	24,50	24,25	25,50	25,25	25,00	28,25	27,25	29,00
75	26,75	23,50	27,50	25,50	22,75	29,00	30,25	30,25
100	26,50	25,00	27,50	23,75	22,50	27,50	27,75	30,50
125	24,00	24,50	24,50	25,75	24,25	29,75	28,00	29,50
$\bar{Y}_{\text{fertilizantes}}$	25,44ab	24,31b	26,25a	25,06ab	23,62b	28,63a	28,31a	29,81a
P_{fertilizantes}	0,04*				0,00*			
P_{doses}	0,25				0,49			
P_{interação}	0,18				0,29			
C.V. (%)	7,58				7,30			

Mineral: Fertilizante mineral convencional; MineralP: fertilizante mineral com polímero; OMRC: organomineral com resíduo celulósico; OMTF: organomineral com torta de filtro.

Médias seguidas de letras minúsculas e iguais na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0.05 de probabilidade.

Para o teor de P foliar, na safra 20/21, a aplicação das fontes de fertilizantes organomineral não apresentou diferença significativa em relação às fontes minerais em

nenhuma das doses avaliadas, tendo apresentado, inclusive, para as condições desse experimento um teor foliar de fósforo inferior às fontes minerais quando da utilização da dose recomendada para a cultura (100%). Já na segunda época de avaliação (safra 21/22), não houve interferência das fontes de fertilizantes nas doses avaliadas, sendo que as fontes organominerais proporcionaram maiores teores de P foliar em comparação às fontes minerais. Embora observou-se efeito das doses nos teores de P foliar, os dados obtidos não se ajustaram a nenhum dos modelos de regressão.

As doses analisadas nesse experimento não interferiram nos teores de K foliar, sendo significativo apenas o fator fertilizante, onde a utilização das fontes organominerais apresentou para ambas as épocas de estudo maiores teores desse nutriente na planta de café. Os fertilizantes minerais para essa variável não apresentaram diferença significativa com relação às fontes organominerais (Tabela 4).

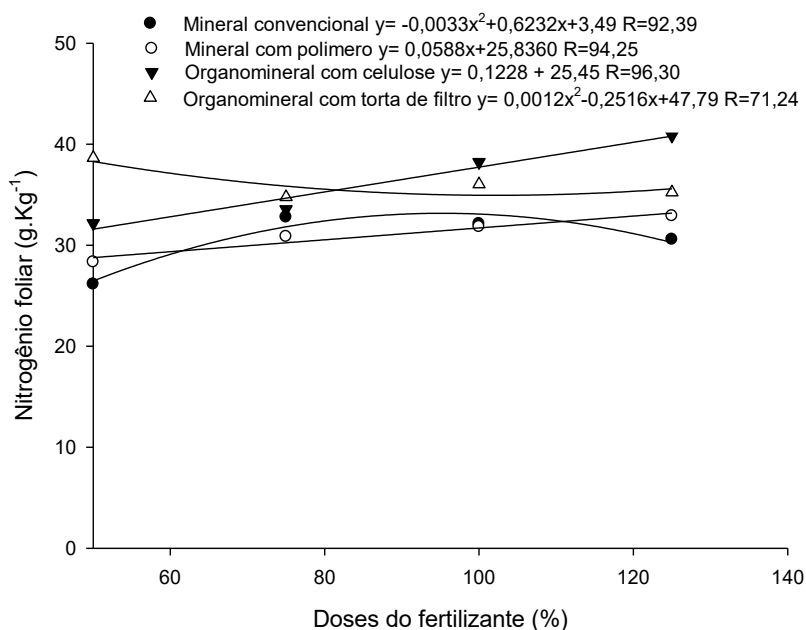


Figura 4. Modelos de regressão para o teor de N foliar nas fontes de fertilizantes analisadas na safra 21/22.

A utilização do fertilizante mineral convencional e do organomineral enriquecido com celulose apresentaram dados ajustáveis aos modelos de regressão conforme pode ser observado na figura 5, os dados obtidos quando da utilização do fertilizante mineral com polímero e o organomineral com torta de filtro não se ajustaram aos modelos de regressão. Já o teor de P foliar no segundo ano, safra (21/22) apresentou efeito isolado significativo

apenas para o fertilizante e não para as doses. Assim, nenhum modelo se ajustou, apresentando um R^2 muito baixo para os modelos linear e quadrático.

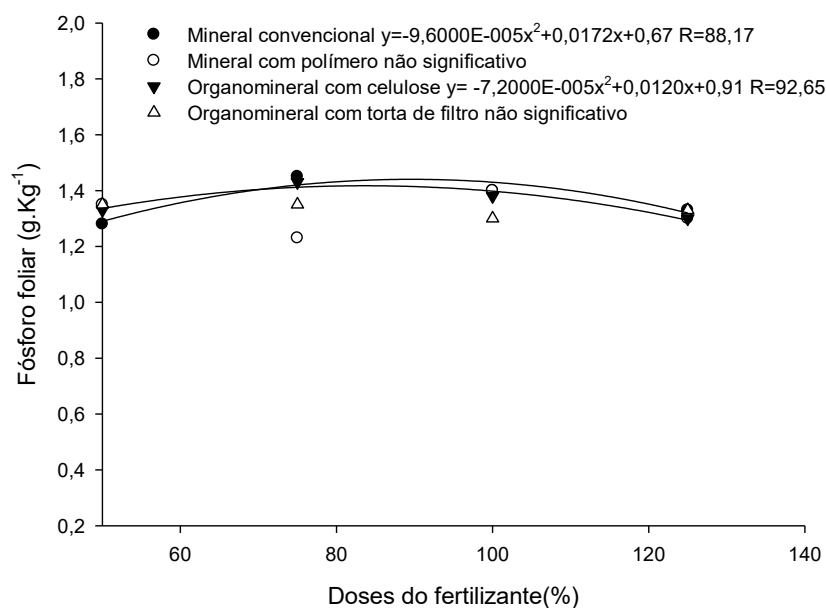


Figura 5. Modelos de regressão para o teor de P foliar nas fontes de fertilizantes analisadas na safra 20/21.

Na tabela 6, são apresentados os teores de P e K no solo para as duas épocas de avaliação (safra 20/21 e 21/22).

Com relação aos teores de P no solo, os fertilizantes avaliados bem como as doses testadas só apresentaram interação significativa na segunda época de avaliação (safra 21/22), sendo que independentemente da dose analisada, a utilização de OMRC apresentou resultados superiores às demais fontes, mostrando a superioridade do OMRC quando se objetiva aumentar P no solo. As relações de doses com esse atributo são apresentadas na figura 6.

Já com relação ao K do solo, em ambas as épocas de estudo, apenas as fontes de fertilizantes (minerais e organominerais) apresentaram diferenças significativas, independentemente da dose avaliada, na primeira época de avaliação (safra 20/21), a aplicação do fertilizante mineral convencional promoveu maiores teores de K no solo, embora não tenha diferido estatisticamente da fonte de OMTF, que na segunda época de avaliação (safra 21/22) apresentou maiores desse nutriente no solo, diferindo estatisticamente das fontes minerais.

Tabela 6. Teores dos nutrientes Fósforo (P) e Potássio (K) no solo. Indianópolis- MG.

Doses	Safr 20/21				Safr 21/22			
	Mineral	MineralP	OMRC	OMTF	Mineral	MineralP	OMRC	OMTF
P								
50	13,90	15,10	24,93	20,40	44,15ab	26,43c	50,02a	28,78bc
75	20,35	22,17	23,03	20,33	33,63a	28,63a	40,45a	38,45a
100	16,83	24,95	14,48	18,88	25,57b	29,38b	60,97a	32,85b
125	15,22	25,05	20,57	15,42	36,43b	34,53b	71,48a	24,80b
$\bar{Y}_{\text{fertilizantes}}$	16,58	21,88	20,75	18,76	34,94	29,73	55,73	31,22
P_{fertilizantes}	0,09			0,00				
P_{doses}	0,52			0,17				
P_{interação}	0,11			0,00*				
C.V. (%)	31,58			22,08				
K								
50	145,75	118,00	116,25	93,25	65,75	48,50	59,00	90,75
75	144,75	114,75	89,00	111,50	56,00	62,50	67,50	82,75
100	147,25	107,50	115,00	124,50	57,25	62,00	84,75	76,75
125	124,50	119,50	117,00	150,75	60,50	70,50	66,75	76,50
$\bar{Y}_{\text{fertilizantes}}$	140,56a	114,94b	109,31b	120,00ab	59,88b	60,88b	69,50ab	81,69a
P_{fertilizantes}	0,004*			0,00*				
P_{doses}	0,44			0,89				
P_{interação}	0,09			0,22				
C.V. (%)	19,79			22,92				

Mineral: Fertilizante mineral convencional; MineralP: fertilizante mineral com polímero; OMRC: organomineral com resíduo celulósico; OMTF: organomineral com torta de filtro.

Médias seguidas de letras minúsculas e iguais na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0.05 de probabilidade.

Conforme pode-se observar na Figura 6, apenas as fontes minerais apresentaram dados que se ajustaram aos modelos de regressão, sendo que para a fonte mineral convencional, o teor de fósforo apresentou um comportamento linear com relação às doses analisadas, ou seja, o aumento na dose reflete em aumento no teor de fósforo no solo, já com relação ao mineral com polímero, o modelo de regressão que melhor se ajustou foi o quadrático, com um padrão crescente no teor de P foliar apenas em doses superiores à dose recomendada para a cultura (100%).

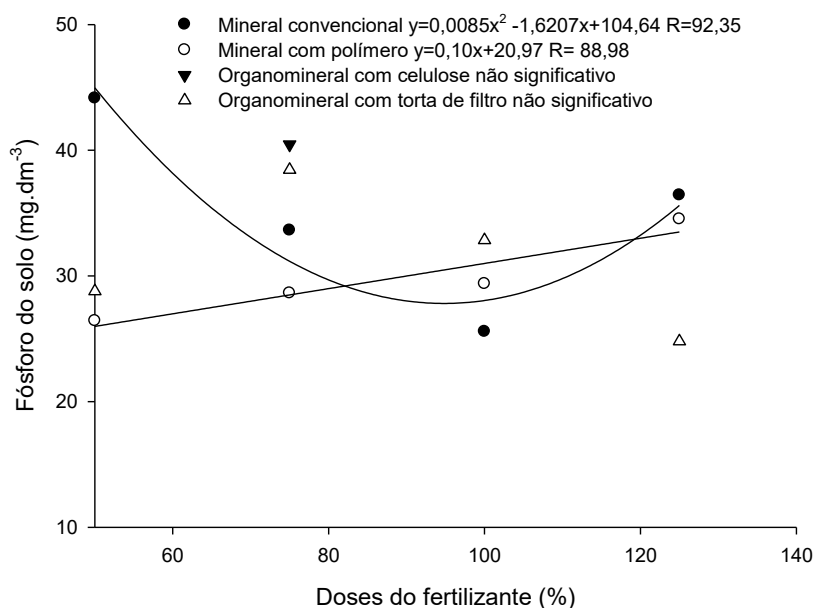


Figura 6. Modelos de regressão para o teor de P no solo nas fontes de fertilizantes analisadas na safra 21/22.

Na tabela 7 encontram-se dados referentes à produtividade do cafeeiro nas épocas de análise (safra 20/21 e 21/22) e à qualidade de bebida. Os fertilizantes testados independentemente da dose não interferiram na produtividade do cafeeiro em nenhuma das épocas de avaliação, já com relação à qualidade de bebida, a interação das fontes de fertilizantes com as doses avaliadas interferiram na qualidade da bebida do cafeeiro, sendo que para a dose recomendada (100%) a fonte mineral convencional apresentou melhor qualidade de bebida, quando da utilização de dose superior à recomendada (125%) não há diferença entre as fontes minerais ou organominerais. Na análise de contraste dos tratamentos contendo os organominerais (OMRC e OMTF) contra os tratamentos (mineral convencional e mineral com polímero) foi observado uma diferença significativa favorável para o primeiro grupo, independente do ano de produção avaliado.

Tabela 7. Produtividade (sacas há⁻¹) e qualidade de bebida. Indianópolis- MG.

Doses	Safra 20/21				Safra 21/22			
	Mineral	MineralP	OMRC	OMTF	Mineral	MineralP	OMRC	OMTF
	Produtividade							
50	8,40	17,57	9,22	18,32	64,54	67,06	77,70	70,06
75	12,60	18,80	16,60	35,50	69,38	74,49	68,16	78,80
100	17,05	10,65	14,60	13,70	58,97	80,55	70,90	81,14
125	14,78	8,52	19,80	16,15	72,18	72,21	71,92	66,26

$\bar{Y}_{\text{fertilizantes}}$	13,21	13,89	15,06	20,92	66,27	73,58	72,17	74,07
P _{fertilizantes}		0,09				0,16		
P _{doses}		0,10				0,81		
P _{interação}		0,12				0,22		
C.V. (%)		59,19				15,08		
Bebida								
50	80,12a	81,37a	80,50a	80,62a	82,25	82,83	83,5	82,5
75	82,57a	80,32b	81,12ab	79,75b	82,83	76,33	82,5	83,25
100	82,62a	79,37b	80,50b	81,00ab	82,17	79,33	83,17	82,17
125	81,25a	80,27a	81,37a	80,37a	83,17	81,17	84,17	81,92
$\bar{Y}_{\text{fertilizantes}}$	81,64	80,34	80,87	80,44	82,60	79,91	83,33	82,46
P _{fertilizantes}		0,00				-		
P _{doses}		0,88				-		
P _{interação}		0,00*				-		
C.V. (%)		1,29				-		

Mineral: Fertilizante mineral convencional; MineralP: fertilizante mineral com polímero; OMRC: organomineral com resíduo celulósico; OMTF: organomineral com torta de filtro.

Médias seguidas de letras minúsculas e iguais na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0.05 de probabilidade.

Na figura 7, são apresentados os modelos de regressão que melhor se ajustaram aos dados obtidos pela interação dos fertilizantes minerais e organominerais com as doses avaliadas. Apenas as fontes minerais obtiveram dados ajustáveis aos modelos de regressão, sendo possível avaliar doses específicas que resultam em maior ou menor qualidade de bebida para as fontes MineralP ou mineral convencional respectivamente.

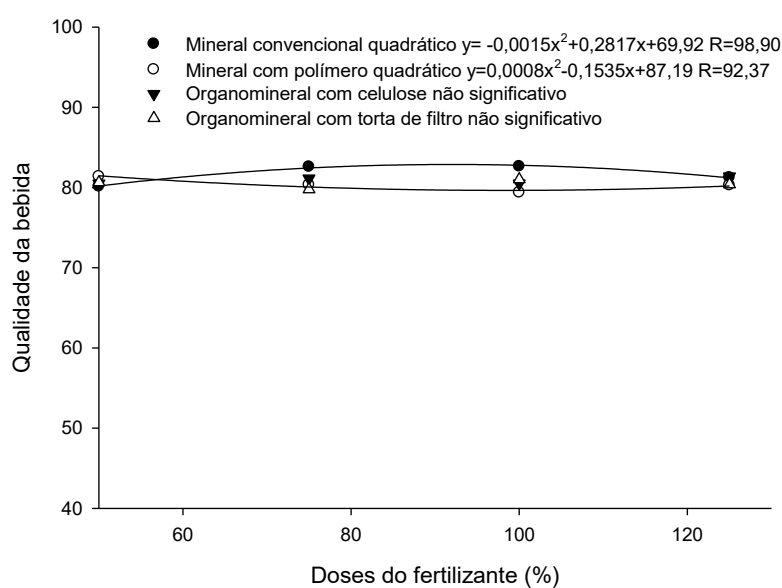


Figura 7. Modelos de regressão para qualidade de bebida do cafeeiro nas fontes de fertilizantes analisadas na safra 20/21.

4 DISCUSSÃO

O uso de diferentes fertilizantes e a variação de doses sobre os dados biométricos, altura de plantas, diâmetro de copa e ramos plagiotrópicos no primeiro ano não apresentaram distinção. Em concordância, Crusciol et al., (2020) também não observaram diferença significativa no uso de fertilizantes organominerais em relação ao fertilizante mineral para variáveis de crescimento, apesar dos caules e da produção de açúcar terem apresentado um aumento linear em função das taxas de fertilizantes. Assim como Sousa et al, (2021), que avaliando a altura de plantas em estudo na utilização de fertilizante organomineral a base de lodo de esgoto na cana de açúcar em diferentes percentuais de recomendação não encontrou diferença entre as diferentes fontes de fertilizantes.

Entretanto, o uso do fertilizante organomineral com resíduo celulósico em maior dosagem se mostrou promissor no efeito de clorofila já no primeiro ano de uso desse fertilizante, assim como no segundo ano para o parâmetro de diâmetro da copa. Em concordância, Queiroz et al., (2017) afirmaram que maiores doses testadas proporcionaram maior produção de massa fresca, devido ao fato de que nestas doses utilizadas, há uma maior disponibilidade de nutrientes para o desenvolvimento da cultura, sendo capaz de responder a altos teores de macronutrientes presentes no solo que ficam disponíveis as plantas durante o ciclo da cultura.

Em contrapartida, alguns trabalhos demonstram que o uso do FOM é mais efetivo quando aplicado em doses mais baixas. Teixeira et al., (2014), avaliando a cana de açúcar, constataram que, com o uso de FOMs, as doses aplicadas podem ser reduzidas em média em 18,8%. Corroborando com Mota et al., (2019) que observaram que o fertilizante organomineral em doses equivalentes, ou mesmo inferiores à dose mineral recomendada (100%) apresentaram benefícios no desenvolvimento da cultura da soja, mesmo em baixas doses de fertilizante organomineral. Isso se deve a liberação gradual dos nutrientes, com tendência a persistir por um período maior no solo (AGUILAR et al., 2019; SOUZA et al., 2020).

Assim como para a clorofila, o uso de fertilizante organomineral a base de celulose em maiores dosagens também promoveu maiores teores de N foliar na planta de café, onde, os fertilizantes organominerais estudados sobressaíram em relação aos fertilizantes minerais convencionais e aos com polímero. Segundo Magela et al., (2019), os fertilizantes organominerais fornecem resultados semelhantes ou até superiores no desenvolvimento das plantas, podendo ainda fornecer nutrientes em altas quantidades,

substituindo o adubo mineral, mantendo e melhorando a fertilidade do solo. Isso por que, a matéria orgânica presente nos adubos organominerais, junto aos nutrientes minerais, facilita a absorção desses e auxilia no transporte de fotoassimilados elaborados pela própria planta (ALMEIDA et al., 2019). Sendo necessário também como análise complementar uma análise nutricional dos teores dos nutrientes nas folhas, como resposta a adubação via solo.

Os teores de nutrientes foliares são um indicativo da disponibilidade de nutrientes no solo e do equilíbrio nutricional das plantas (MAO et al., 2020). Complementando os dados do trabalho em que demonstrou que primeiro ano de uso dos fertilizantes organominerais não apontaram diferença em relação ao fertilizante mineral convencional em nenhuma das doses avaliadas para P e K foliar, e que seu efeito é maior no uso acumulativo dos anos através dos maiores teores de P foliar do organomineral detectado em relação a fonte convencional no segundo ano. Isso se deve ao fato da liberação de nutrientes no FOM acontecer de forma mais lenta, sendo mais gradual e se mantendo contínua ao longo do tempo, gerando maior efeito residual e benefícios para o solo (OJO et al., 2014; CRUSCIOL et al., 2020).

Assim, Frazão et al., (2021) ressaltam a importância de experimentos de campo de longa duração para a avaliação do efeito residual dos fertilizantes organominerais, bem como seu potencial acerca das perdas de nutrientes no solo e sua melhor eficiência na fertilização em solos tropicais altamente intemperizados, podendo até ser considerado uma alternativa viável para substituir fertilizantes minerais no crescimento e produção de plantas de milho e soja, sendo importante para uma cultura de ciclo mais longo como o café a avaliação por pelo menos dois ciclos da cultura para reduzir o efeito da bienalidade e de qualquer adversidade climática que possa ocorrer no ambiente em questão.

A importância dessa afirmação é evidenciada através da observação de que a utilização de OMRC é uma fonte de fertilizante promissora a partir do segundo ano de uso na cultura do café através do incremento de P no solo em relação as outras fontes de fertilizante, independentemente da dose avaliada. Apesar do organomineral funcionar como um fertilizante de lenta liberação devido a presença de sua matriz orgânica (SAKURADA et al., 2016), seu uso promoveu um aumento na disponibilidade de fósforo no solo, assim como uma fonte de fertilizante convencional (FRAZÃO et al., 2021).

Em contrapartida com o autor acima, no presente trabalho, o fertilizante mineral convencional apenas apresentou boa resposta em razão de doses superiores a dose recomendada pela cultura no segundo ano de uso dessa fonte no cafeeiro. Isso se deve a

baixa disponibilidade de P nos solos tropicais devido aos processos de precipitação e adsorção das formas inorgânicas, apresentando um grau de fixação maior em solos de textura argilosa, contendo íons de ferro e alumínio (LIMA, 2020). Corroborando com os estudos de Jorhi et al., (2015) e Santos et al., (2016), em que os solos que apresentaram maior potencial de fixação de P foi proporcional ao maior conteúdo de argila, o que torna necessário a aplicação frequente e em elevadas quantidades de fósforo para garantir a maior eficiência e aproveitamento do teor nutricional no solo e no desenvolvimento da planta em solos com baixa disponibilidade natural de fósforo ou com alto potencial de fixação desse elemento (CABRAL et al., 2020).

Quando observou-se as diferentes fontes de fertilizantes, independentemente da dose não houve interferência na produtividade do cafeeiro. Resultado similar foi encontrado por Silva et al., (2022) na cultura da batata onde não foi observado diferença significativa na produtividade, submetida a diferentes doses de adubo organomineral, em comparação com o fertilizante mineral na dose recomendada para a cultura. Entretanto, apesar do uso de fertilizantes organominerais promoverem o mesmo comportamento que os fertilizantes minerais, não interferindo no desenvolvimento da batata, observou-se para rendimento de tubérculos da classe especial e acúmulo de massa seca total que a dose de 40% da dose recomendada proporcionou resultados satisfatórios, sendo uma alternativa na redução do uso de fontes minerais, minimizando a poluição do ambiente. Em contrapartida, Fernandes et al., (2021), observaram que o uso de fertilizantes organominerais é viável para a cultura do café, na medida em que garante as propriedades favoráveis da matéria orgânica, evitando a desuniformidade das fontes nutricionais dos adubos exclusivamente orgânicos.

Já no aspecto de pós-colheita observa-se maior resposta em qualidade de bebida no fertilizante mineral convencional quando empregado a dose recomendada pela cultura no presente estudo. Segundo Fernandes et al., (2007), o uso de fertilizantes organominerais e químicos na fertirrigação do cafeeiro irrigado por gotejamento após quatro safras, não apresentou diferença significativa para produtividade e na qualidade final de bebida do café após análise sensorial.

Por outro lado, Araújo et al., (2020), constataram que o uso de organomineral em milho em solo arenoso, levou ao incremento na produção, devido a um possível efeito residual com o uso dessa fonte, principalmente quando empregado em maiores doses. A evolução desses fertilizantes é uma premissa importante na busca por fontes alternativas de fertilização que promova maior incremento e eficiência no uso dos nutrientes. Assim

como, Crusciol et al., (2020), constataram que o fertilizante organomineral foi eficiente para suprir as necessidades na cultura da cana de açúcar e pode também substituir completamente o fertilizante mineral convencional. Apesar de sua influência no rendimento de açúcar ser menor do que no rendimento de talos, com maior desempenho no desenvolvimento vegetal da cana.

Por fim, apesar de Garcia e Mendes (2022), não terem observado diferença estatística em variáveis de crescimento, nutrição e produção de matéria seca de plantas cana-de-açúcar (IACSP 94-2101) em função de fontes e doses de fósforo de organomineral em relação a uma fonte mineral, o uso de fertilizante organomineral constitui uma excelente fonte de fertilização por ser sustentável, suprir o solo e a planta e atender a demanda do sistema ambiental (TIMSINA, 2018).

5 CONCLUSÕES

Foram observadas respostas distintas para os dados biométricos avaliados em cada safra. O fertilizante organomineral a base de torta de filtro apresentou resposta significativa nas doses (50,75 e 100%) para clorofila no primeiro ano. Para altura de planta no primeiro ano, apenas o fertilizante com polímero apresentou resposta superior e estatisticamente igual as fontes de fertilizantes organominerais.

Para N foliar, o mineral com polímero e OMRC apresentaram aumento no teor de N foliar com o aumento das doses. Para P e K foliar (21/22), os fertilizantes organominerais e mineral com polímero apresentaram respostas superiores ao fertilizante mineral convencional.

Para o teor de P no solo (21/22), o OMRC apresentou resposta significativa superior independentemente da dose, enquanto o MineralP apresentou maior teor de P com o aumento da dose do fertilizante.

Não houve diferença estatística para produtividade nas duas safras avaliadas. Mas em análise de contraste o grupo de fertilizantes organominerais apresentaram médias superiores em relação ao grupo de (mineral convencional e mineral com polímero).

O fertilizante mineral convencional promoveu maior qualidade de bebida na safra 20/21 independente da dose.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, B. H.; LEME, P. H. Convergência estratégica e indicação geográfica como ferramentas de desenvolvimento do cerrado mineiro. **Revista Ingi**, [S.I.], v. 4, n. 1, p. 575-594, 2020.
- AGUILAR, A. S.; CARDOSO, A. F.; LIMA, L. C.; LUZ, J. M. Q.; RODRIGUES, T.; LANA, R. M. Q. Influence of organomineral fertilization in the development of the potato crop CV. **Cupid. Bioscience Journal**, [S.I.], v. 35, n. 1, 2019. DOI: <https://doi.org/10.14393/BJ-v35n1a2019-41740>
- ALMEIDA, M. J.; SOUSA, C. M.; ROCHA, M. C.; JOSÉ, V. D. M. B. E.; POLIDORO, C. Reposição deficitária de água e adubação com organomineral no crescimento e produção de tomateiro industrial. **Irriga**, [S.I.], v. 24, n. 1, 2019. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2019v24n1p69-85>
- ANTUNES, F. Z. **Caracterização climática do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Informe Agropecuário, 1986. v. 12.
- ARAÚJO, M. D. M.; SOUZA, H. A.; BENITES, V. M.; POMPEU, R. C. F. F.; NATALE, W.; LEITE, L. F. C. Organomineral fosfate fertilization in Millet in Sandy soil. **Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**, [S.I.], v. 24, n. 10, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n10p694-699>
- ARAÚJO, M. D. M.; SOUZA, H. A.; BENITES, V. M.; POMPEU, R. C. F. F.; NATALE, W.; LEITE, L. F. C. Organomineral fosfate fertilization in millet in sandy soil. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, [S.I.], v. 24, n. 10, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n10p694-699>
- BARTHOLO, G. F.; FILHO, MAGALHÃES, A. A. R.; GUIMARÃES, P. T. G.; CHALFOUN, M. S. **Cuidados na colheita, no preparo e armazenamento do café**. Belo Horizonte: Informe Agropecuário, 1989. v. 14.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas, Instituto Agronômico, 1983.
- CABRAL, F. L.; BASTOS, A. V. S.; TEIXEIRA, M. B.; SILVA, E. C.; SOARES, F. A. L.; SANTOS, L. N. S. Níveis de fertilização de fósforo mineral e organomineral na cultura do milho. **Brazilian Joournal of Development**, [S.I.], v. 6, n. 6. 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n6-255>
- CAIXETA, E. A.; JUNIOR FRANCO, K. S.; BRIGANTE, G. P.; DIAS, M. S.; AVILLA, M. A. P. Avaliação de diferentes fontes de nitrogênio na cultura do café. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, [S.I.], v. 15, n. 4, p. 617-631, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18011/bioeng2021v15n4p617-631>
- CHAMBERS, J.M.; CLEVELAND, W.S.; KLEINER, B.; TUKEY, P. A. **Graphical methods for data analysis**. Wadsworth and Brooks/Cole: Belmont, CA, USA, 1983.

COSTA, F. de K. D.; MENEZES, J. F. S.; ALMEIDA-JUNIOR, J. J.; SIMON, G. A.; MIRANDA, B. C.; LIMA, A. M. de; LIMA, M. S. de. Desempenho agrônomo da soja convencional cultivada com fertilizantes organomineral e mineral. **Nucleus**, [S.I.], v. 15, n. 2. p. 301-309, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3738/1982.2278.2902>

CRUSCIOL, C. A. C.; CAMPOS, M.; MARTELLO, J. M.; ALVES, C. J.; NASCIMENTO, C. A. C.; PEREIRA, J. C. R.; CANTARELLA, H. Organomineral fertilizer as source of P and K for sugarcane. **Scientific Reports**, [S.I.], v. 10, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62315-1>

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2017.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: EMBRAPA, 2018.

FERNANDES, A. L. T.; JUNIOR FRAGA, E. F.; CORREA, F.; SILVA, R. O. Organic and organic-mineral fertilization of coffee shrubs by drip irrigation. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, [S.I.], v. 14, n. 1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14Supl.1.e8621>

FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, R.; DRUMOND, L. C. D.; OLIVEIRA, C. B. Avaliação do uso de fertilizantes organominerais e químicos na fertirrigação do cafeeiro irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, [S.I.], v. 11, n. 2, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662007000200005>

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JUNIOR, J. A. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson ®. **Revista Política hoje**, [S.I.], 18, 1-33, 2009.

FRAZÃO, J. J.; BENITES, V. M.; PIEROBON, V. M.; RIBEIRO, J. V. S.; LAVRES, J. A poultry litter-derived organomineral phosphate fertilizer has higher agronomic effectiveness than conventional phosphate fertilizer applied to field-grown maize and soybean. **Sustainability**, [S.I.], v. 13, n. 21, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/su132111635>

GARCIA, J. C.; MENDES, M. B. Fontes de fósforo mineral e organomineral no estado nutricional e no crescimento inicial da cana de açúcar. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, [S.I.], v.5, n.2, p. 2003-2013, 2022. DOI: <https://doi.org/10.34188/bjaerv5n2-044>

GUARÇONI, A.; SOUZA, G. S.; PAYE, H. S. Representatividade da amostra de solo de acordo com o volume coletado em lavoura de café arábica. **Colloquium Agrarie**, [S.I.], v. 15, n. 3, p. 69-78, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5747/ca.2019.v15.n3.a300>

JORHI, A. K.; OELMÜLLER, R.; DUA, M.; YADAV, V.; KUMAR, M.; TUTEJA, N.; VARMA, A.; BONFANTE, P.; PERSSON, B. L.; STROUD, R. M. Fungal association and utilization of phosphate by plants: success, limitations, and future prospects. **Frontiers in Microbiology**, v. 6, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00984>

KOMINKO, H.; GORAZDA, K.; WZOREK, Z. Potentiality of sewage sludge-based organo-mineral fertilizer production in Poland considering nutrient value, heavy metal content and phytotoxicity for rapeseed crops. **Journal of Environmental**

Management, [S.I.], v. 248, p. 109283, 2020. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109283>

LIMA, R. L. F. A. Micorrizas arbusculares e absorção de fósforo em função da capacidade de fixação de fósforo do solo e da composição com a microbiota. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.I.], v. 13, n.3, 2020. DOI:
<https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.3.p1062-1079>

LOPES JUNIOR, H.; VENTURELLE, B. C.; ARAÚJO, E. B.; MATOS, M. C.; TEIXEIRA, W. C.; FERNANDES, H. H. F. Características bromatológicas do café em grão cru comercializado em Jaru-RO. **Research, Society and Development**, [S.I.], v. 11, n. 8, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i8.30607>

MAGELA, M. L. M.; CAMARGO, R.; LANA, R. M. Q.; CARVALHO, M. M. C. Application of organomineral fertilizers sourced from filter cake and sewage sludge can affect nutrients and heavy metals in soil during early development of maize. **Australian Journal of Crop Science**, [S.I.], v.13, n.6, p. 863, 2019. DOI:
<https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.06.p1538>

MAO, J.; MAO, Q.; ZHENG, M.; MO, J. Responses of foliar nutrient status and stoichiometry to nitrogen addition in different ecosystems: A meta-analysis. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, [S.I.], v.125, e2019JG005347, 2020. DOI:
<https://doi.org/10.1029/2019JG005347>

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. Instrução Normativa N° 8 de 11 de junho de 2003: **Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para Classificação do Café Beneficiado Grão Cru**. Brasília: Brasil, 2003. p. 11.

MINOLTA CAMERA. **Manual for chlorophyll meter SPAD- 502**. Osaka: Minolta radiometric instruments Division, 1989. 22p.

MOTA, R. P.; DE CAMARGO, R.; LEMES, E. M.; LANA, R. M. Q.; ALMEIDA, R. F.; MORAES, E. R. Biosolid and sugarcane filter cake in the composition of organomineral fertilizer on soybean responses. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, [S.I.], v. 8, n. 2, 2019. DOI:
<https://doi.org/10.1007/s40093-018-0237-3>

OJO, J. A.; OLOWOAKE, A. A.; OBEMBE, A. Efficacy of organomineral fertilizer and unamended compost on the growth and yield of watermelon (*Citrullus lanatus* thumb) in Ilorin Southern Guinea Savanna zone of Nigeria. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, [S.I.], v. 3, n. 4, 2014. DOI:
<https://doi.org/10.1007/s40093-014-0073-z>

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. FEALQ Editora: Piracicaba, Brazil, 2002.

QUEIROZ, A. A.; CRUVINEL, V. B.; FIGUEIREDO, K. M. E. Produção de alface americana em função da fertilização com organomineral. **Enciclopédia Biosfera**, [S.I.], v.14, n.25, 2017. DOI: https://doi.org/10.18677/EnciBio_2017A84

RIBEIRO, B. N.; COELHO, A. P.; SOUZA, J. R.; GISSI, L.; LEMOS, L. B. Leaching and availability of potassium in soil affected by conventional and coated fertilizer sources. **Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**, [S.I.], v.26, n.12, p. 924-929, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n12p924-929>

SAKURADA, R.; BATISTA, M.A.; INOUE, T.T.; MUNIZ, A.S.; PAGLIARI, P.H. Organomineral phosphate fertilizers: Agronomic efficiency and residual effect on initial corn development. **Agronomy Journal**, [S.I.], v. 18, n. 5, 2016. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2015.0543>

SANTOS, H. C.; OLIVEIRA, F. H. T.; SOUZA, A. P.; SALCEDO, I. H.; SILVA, V. D. M. Disponibilidade de fósforo em função do seu tempo de contato com diferentes solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.I.], v.20, n.11, 2016.

SILVA, R. C. D.; CARDOSO, A. F.; LIMA, L. C.; LUZ, J. M. Q.; LANA, R. M. Q.; CAMARGO, R. Growth and productivity of ágata potato cultivar under different doses of organomineral fertilizer. **Bioscience Journal**, [S.I.], v.38, e38016, 2022. DOI: <https://doi.org/10.14393/BJ-v38n0a2022-53632>

SOUZA, R. T. X.; SILVA, E. G.; MEDEIROS, M. H.; MORAES, M. D.; DELVAUX, J. C.; SILVA, R. V. LANA, R. M. Q.; MORAES, E. R. Altura de planta e diâmetro de colmo em cana de açúcar de terceiro corte fertilizada com organomineral de lodo de esgoto e bioestimulante. **Brazilian Journal of Development**, [S.I.], v.7, n.4, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n4-218>

SOUZA, M. T.; FERREIRA, S. R.; MENEZES, F. G.; RIBEIRO, L. S.; SOUSA, I. M.; PEIXOTO, J. V. M.; SILVA, R. V.; MORAES, E. R. Altura de planta e diâmetro de colmo em cana-de-açúcar de segundo corte fertilizada com organomineral de lodo de esgoto e bioestimulante. **Brazilian Journal of Development**, [S.I.], v.6, n.1, p. 1988-1994, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n1-141>

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. (2008, dezembro). Cupping Protocols. Retrieved 30 from march, 2020, from http://coffeetraveler.net/wpcontent/files/901-SCAA_CuppingProtocols_TSC_DocV_RevDec08_Portuguese.pdf

TEIXEIRA, W. G.; SOUSA, R. T. X.; KORNDORFER, G. H. Resposta da cana de açúcar a doses de fósforo fornecidas por fertilizante organomineral. **Bioscience Journal**, [S.I.], v.30. n.6, 2014.

TIMSINA, J. Can organic sources of nutrients increase crop yields to meet global food demand?. **Agronomy**, [S.I.], v. 8, n. 10, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy8100214>

CAPÍTULO 3

Fontes e épocas de fertilizantes especiais na cultura do cafeeiro

RESUMO

MOTA, RAQUEL PINHEIRO DA. **Fontes e épocas de fertilizantes especiais na cultura do cafeeiro**. 2023. 33f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

O cafeeiro tem alto potencial de rendimento e elevada exigência nutricional. Assim, a adoção de sistemas de produção sustentável que minimize as perdas de fertilizantes, consiste num dos maiores desafios da cafeicultura brasileira, visando atingir o máximo de produtividade econômica aliado ao maior aproveitamento de nutrientes. Neste contexto, objetivou-se avaliar a resposta de diferentes épocas de aplicação de fertilizantes especiais em relação ao mineral convencional na cultura do café. O experimento foi composto por um delineamento de blocos casualizados (DBC), num esquema fatorial 4x3, com quatro repetições. O primeiro fator formado por quatro tipos de fertilizantes: mineral convencional, mineral com polímero, organomineral com resíduo celulósico (OMRC) e organomineral com torta de filtro (OMTF) e o segundo fator formado por três épocas de aplicação (aplicação única, dois parcelamentos e três parcelamentos). Foram avaliadas variáveis de crescimento, tais como: altura de planta, diâmetro da copa e taxa de incremento dos ramos plagiotrópicos, além de clorofila. Foram analisados também teores de nutrientes no solo e na folha após as aplicações dos fertilizantes, assim como dados de colheita e qualidade de bebida após a maturação dos frutos. Em dados biométricos, o fertilizante OMTF respondeu bem com menor número de aplicações, enquanto as demais fontes necessitaram de duas ou três aplicações para a exibição de melhores resultados em dados de crescimento. Para teor de N foliar foram necessárias três aplicações do mineral convencional. Não foi observado diferença para conteúdo de P foliar. Para K foliar foram necessárias duas aplicações do OMRC. O K no solo não teve resposta para as diferentes fontes de fertilizantes e épocas. Para o teor de P no solo o fertilizante mineral convencional apresentou menor resposta em relação as demais fontes de fertilizantes. Para produtividade, a aplicação em duas épocas resultou em maior rendimento na segunda safra, independente das fontes de fertilizantes. O fertilizante convencional promoveu melhor qualidade de bebida independentemente da época de aplicação. Os fertilizantes organominerais, em duas e três épocas apresentaram boa resposta, podendo substituir fertilizantes minerais convencionais no manejo de fertilizantes do cafeeiro.

Palavras-chave: passivos ambientais, parcelamento, aproveitamento, substâncias húmicas, resíduos orgânicos.

Professor Orientador: Reginaldo de Camargo- UFU

ABSTRACT

MOTA, RAQUEL PINHEIRO DA. **Sources and times of special fertilizers in the coffee crop.** 2023. 33f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

Coffee has a high yield potential and a high nutritional requirement. The adoption of sustainable production systems that minimize fertilizer losses is one of the greatest challenges for Brazilian coffee growing, aiming to achieve maximum economic productivity combined with greater use of nutrients. In this context, the objective was to evaluate the response of different application times of special fertilizers in relation to the conventional mineral in the coffee crop. The study was developed in a randomized block design (RBD), in a 4x3 factorial scheme, with four replications. The first factor formed by four types of fertilizers: conventional mineral, mineral with polymer, organomineral with cellulosic residue (OMCR) and organomineral with filter cake (OMFC) and the second factor formed by three application times (one application time, two applications and three times). Growth variables were evaluated, such as: plant height, canopy diameter and increment rate of plagiotropic branches, and chlorophyll. Nutrient contents in the soil and leaf after fertilizer applications were also analyzed, as well as yield and quality after fruit maturation. In biometric data, the OMFC fertilizer needed a smaller number of applications, while the other sources needed two or three applications to show better results in growth data. For foliar N content, three applications of the conventional mineral were necessary. No difference was observed for leaf P content. For leaf K, two applications of OMCR were necessary. Soil K did not respond to different fertilizer sources and seasons. For the P content in the soil, the conventional mineral fertilizer showed the lowest response compared to the other sources of fertilizers. For yield, application in two seasons resulted in higher yield in the second crop, regardless of fertilizer sources. Conventional fertilizer promoted better quality regardless of the time of application. The organomineral fertilizers, in two and three seasons, showed a good response, being able to replace conventional mineral fertilizers in the management of coffee fertilizers.

Keywords: environmental liabilities, subdivision, use, humic substance, organic waste.

Supervising committee: Reginaldo de Camargo- UFU

INTRODUÇÃO

O (*Coffea arabica* L.) tem alto potencial de rendimento, e conseqüentemente, elevada exigência nutricional. Desta forma, a adoção de sistemas de produção sustentável que minimize as perdas de fertilizantes, consiste num dos maiores desafios da cafeicultura brasileira, visando atingir o máximo de produtividade econômica (NETO et al., 2016; JARA et al., 2019).

A preocupação em atender às necessidades alimentares da população mundial e preservar o meio ambiente é frequente, aliado a participação significativa do Brasil na agricultura mundial. Assim, o uso de resíduos orgânicos na agricultura tem estimulado a busca de tecnologias que reduzam a poluição ambiental (CUNHA, et al., 2022).

No entanto, a utilização de fontes exclusivamente orgânicas para atender a demanda nutricional do cafeeiro é inviável, devido à ausência de padronização com relação a concentração dos nutrientes, variação da disponibilidade, período de mineralização, bem como a necessidade de aplicação de altas quantidades para atender as exigências nutricionais da cultura (FAVARIN et al., 2010). Por outro lado, fontes exclusivamente minerais, apesar de apresentarem elevada concentração nutricional, requerem grandes volumes para atender a alta demanda nutricional, visando alcançar rendimentos satisfatórios (CRUSCIOL et al., 2020), fazendo necessário o maior número de parcelamentos de aplicações, principalmente de fontes nitrogenadas convencionais para obter um maior aproveitamento desses nutrientes (GONZÁLES- LARIOS et al., 2021). Entretanto, o parcelamento de nutrientes com maior solubilidade e volatilidade como o nitrogênio, apesar de elevar um pouco a eficiência da adubação, eleva significativamente os custos operacionais (ALMEIDA, et al., 2019).

Assim, o uso de fertilizantes organominerais, que associa fontes orgânicas com as fontes minerais, é uma das alternativas para melhorar a eficiência no aproveitamento dos nutrientes (FERNANDES et al., 2021). Uma vez que a presença de matéria orgânica na composição do FOM permite que os nutrientes sejam disponibilizados de maneira contínua e regular durante todo o período do ciclo da cultura (COSTA et al., 2018), podendo reduzir significativamente o número de parcelamentos de adubação, trazendo maior praticidade ao produtor rural, redução dos custos de combustível, além de contribuir para a conservação do meio ambiente, face a redução de emissão de gases de efeito estufa e maior aporte de carbono no solo pela presença de matéria orgânica (TABILE, et al., 2009; SIGNOR, et al., 2014).

Desse modo, o uso da tecnologia de fertilizantes organominerais correlaciona positivamente a melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (GENARI et al., 2021) além de contribuir na integração de um sistema agrícola de qualidade e ambientalmente correto.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a resposta de diferentes épocas de aplicação de fertilizantes especiais em relação ao mineral convencional na cultura do café.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área

O experimento foi conduzido entre os meses de setembro de 2020 a julho de 2022 e instalado em condições de campo na Fazenda São Sebastião na cultura do café (*Coffea arabica* cv. Mundo Novo) por duas safras consecutivas, safra 20/21 (café de 2º colheita) e safra 21/22 (café de 3º colheita), entre as coordenadas 18°56'08" S e 47°56'11" W, município de Indianópolis, Minas Gerais/Brasil. A região apresenta altitude média de 911 m e clima do tipo Aw caracterizado como tropical chuvoso (ANTUNES, 1986). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa (EMBRAPA, 2018).

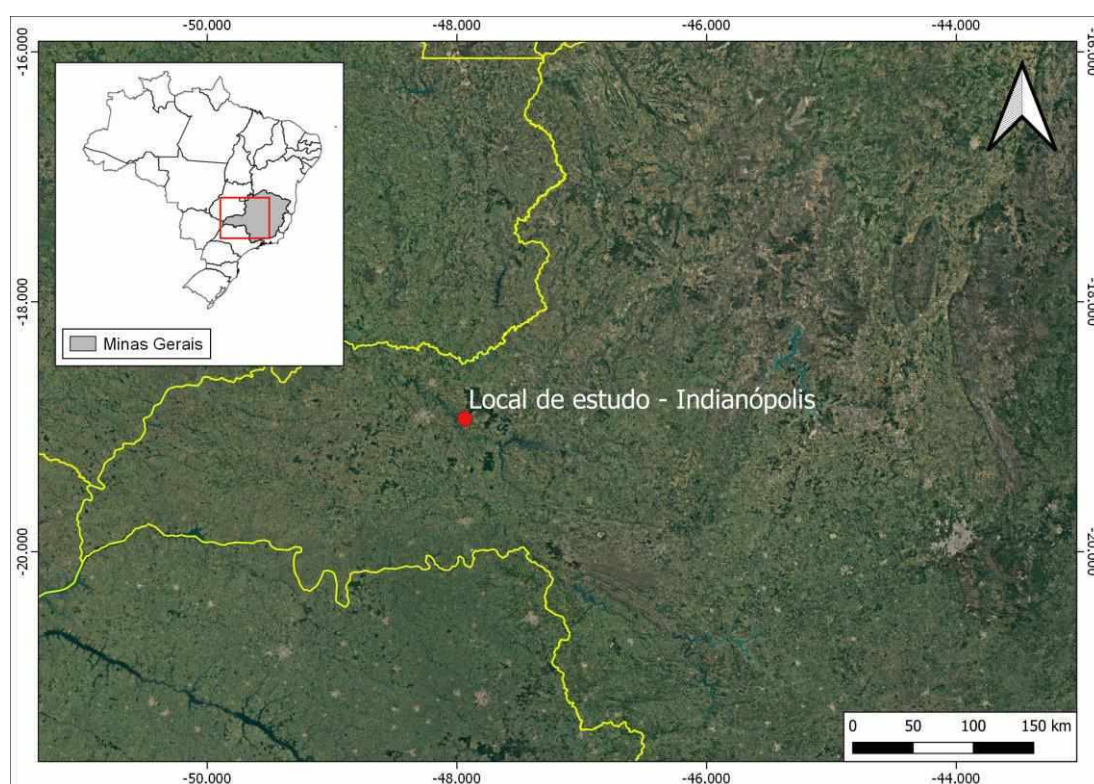


Figura 1. Localização do experimento. Indianópolis- MG.

2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) com fatorial 4x3, sendo 12 tratamentos com quatro repetições totalizando 48 parcelas experimentais, sendo quatro tipos de fertilizantes (mineral convencional, mineral com polímero, organomineral com celulose e organomineral com torta de filtro) e parcelamento em: uma (outubro), duas (outubro e dezembro) e três épocas de

aplicação/número de parcelamentos (outubro, dezembro e janeiro). Cada parcela foi constituída de seis plantas.

2.3 Caracterização dos Fertilizantes

Os diferentes fertilizantes apresentam formulações específicas para o fornecimento de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente. O fertilizante mineral convencional apresenta formulação (45-00-00), (12-52-00) e (00-00-60). No Fertilizante mineral com polímero foram utilizadas as formulações (45-00-00), (12-52-00) e (01-00-57). Para o fertilizante organomineral com celulose as formulações são (25-00-00), (05-26-00) e (00-00-32) contendo celulose como matriz orgânica. Já para o fertilizante organomineral com torta de filtro foram as formulações (29-00-00), (06-30-00) e (00-00-35) contendo torta de filtro como matriz orgânica. As matérias primas para confecção dos fertilizantes organominerais foram idênticas ao mineral convencional (MAP, ureia e Kcl) (Tabela 1) e recomendação dos fertilizantes conforme (Tabela 2).

Tabela 1. Caracterização química dos fertilizantes e da matriz orgânica dos fertilizantes organominerais. Indianópolis- MG.

Fertilizante	Forma	Características			
		N	P	K	Relação C/N
Mineral convencional					
(45-00-00)	granulado	45	0	0	---
(12-52-00)	farelado	12	52	0	---
(00-00-60)	granulado	0	0	60	---
Mineral com polímero					
(45-00-00)	granulado	45	0	0	---
(12-52-00)	granulado	12	52	0	---
(01-00-57)	granulado	1	0	57	---
Organomineral com celulose*					
(25-00-00)	farelado	25	0	0	1/1
(05-26-00)	granulado	5	26	0	1/1
(00-00-32)	granulado	0	0	32	1/1
Organomineral com torta de filtro*					
(29-00-00)	farelado	29	0	0	1/1
(06-30-00)	farelado	6	30	0	1/1
(00-00-35)	farelado	0	0	35	1/1

Matriz Orgânica**	COT	N Total	P₂O₅ Total	K₂O solúvel
Celulose	17,7	1	0,7	0,4
Torta de Filtro	29,6	2,7	3,34	<L.Q.

* Valores considerando estado do Fertilizante in natura. [N Total] = Digestão Sulfúrica; P, K: Digestão Nitro Perclórico; Absorção Atômica. **Umidade Total (%) = POP-MET-022 | Referência: Manual de Métodos Analíticos Oficiais – MAPA; N (total) (%) = POP-MET-002 Referência: AOAC, 2007 - Método 993.13 - Dumas | L.Q.: Faixa de 0,1 a 67%; P₂O₅ (Total) (%) = POP-MET-018 | Referência: Manual de Métodos Analíticos Oficiais - MAPA | L.Q.: 0,23 %; K₂O (solúvel em água) (%) = POP-MET-020 | Referência: Manual de Métodos Analíticos Oficiais - MAPA | L.Q.: 0,44% de K₂O; COT: carbono orgânico total.

A caracterização química do Fertilizante Organomineral foi realizada no Laboratório Lab Fert, na cidade de Araguari- MG, enquanto os atributos químicos da torta de filtro foram analisados no Laboratório Exata de análises agroindustriais de Jatai- GO (Tabela 1).

Tabela 2. Fontes de fertilizante, quantidade dos nutrientes de acordo com a taxa de eficiência e recomendação final do fertilizante. Indianópolis- MG.

Ano 1 (safra 20/21)		
Fonte de fertilizante	Recomendação	Formulado (kg há⁻¹)
Mineral convencional	(kg há⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O)	Dose final
(45-00-00)	350	777,7
(12-52-00)	50	96,2
(00-00-60)	300	500,0
Mineral com polímero		
(45-00-00)	350	544,4
(12-52-00)	50	67,3
(01-00-57)	300	368,4
Organomineral com celulose		
(25-00-00)	350	980,0
(05-26-00)	50	96,2
(00-00-32)	300	600,0
Organomineral com torta de filtro		
(29-00-00)	350	844,8
(06-30-00)	50	116,6
(00-00-35)	300	600,0
Ano 2 (safra 21/22)		
Mineral convencional	(kg há⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O)	Dose final
(45-00-00)	500	1111,1
(12-52-00)	100	192,3
(00-00-60)	80	133,3
Mineral com polímero		
(45-00-00)	500	777,8

(12-52-00)	100	134,6
(01-00-57)	80	98,2
Organomineral com celulose		
(25-00-00)	500	1400,0
(05-26-00)	100	192,3
(00-00-32)	80	175,0
Organomineral com torta de filtro		
(29-00-00)	500	1206,9
(06-30-00)	100	233,3
(00-00-35)	80	160,0

N, P₂O₅, K₂O*: Foram descontados das formulações nitrogenadas a pontuação de N adicional que estava presente nas formulações fosfatadas.

2.4 Histórico da área

A lavoura de café (*Coffea arabica* cv. Mundo Novo) foi instalada em dezembro de 2017 por intermédio do preparo convencional de solo com o uso de grade, com espaçamento de 3,8 x 0,7 m, com 3.759 plantas/ha. Foi feita a aplicação de calcário visando a correção do solo para posterior adubação. No momento do plantio foi incorporado esterco bovino e adubos de fontes fosfatadas (Top Phos) com composição 3% de N; 28% de P; 10% de Ca; 5% de S; 0,12% de Cu; 0,12% de B; 0,3% de Mn e 0,3% de Zn. A adubação da lavoura em formação compreendida entre os meses de outubro a março do ano de 2018 e 2019, foi realizada utilizando como fonte de Nitrogênio, a combinação de nitrogênio nítrico e amoniacal de formulação (27-00-00) e a fonte de fertilizante a base de fósforo utilizado apresenta formulação (00-18-00). Além da adubação por fertirrigação e adubação foliar para complementação de micronutrientes.

De modo a controlar as plantas invasoras, foi feito a capina e aplicação de glifosato em L ha⁻¹, segundo as instruções de uso para cada espécie de planta infestante, além da remoção de ramos improdutivos por meio da desbrota. O sistema de irrigação da propriedade é do tipo localizado por gotejamento, que visa economia de água, grande potencial de automatização, aplicação mais eficiente e redução de mão de obra.

2.5 Caracterização do solo e folha

Foram feitas a caracterização física e química do solo em duas camadas (0,0 - 0,2 e 0,2 – 0,4 m). Para a caracterização física do solo foi determinado os teores de areia, silte

e argila. Para a caracterização química do solo foi determinado as demais análises citadas abaixo na tabela conforme a metodologia da Embrapa (EMBRAPA, 2017).

Tabela 3. Caracterização física e química do solo em duas camadas (0,0 - 0,2 e 0,2 - 0,4m) e caracterização química da folha no início do experimento. Indianópolis- MG.

Caracterização física do solo										
Profundidade	Areia			Silte			Argila			
m	-----g Kg ⁻¹ -----									
0.0 - 0.2	321			191			488			
0.2 - 0.4	412			220			368			
Caracterização química do solo										
Profundidade	pH	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	
m	água	-----			cmolc dm ⁻³ -----					
0.0 - 0.2	5.9	0.2	2.5	0.6	0.0	3.8	3.32	3.32	7.12	
0.2 - 0.4	5.7	0.2	1.8	0.4	0.0	3.8	2.43	2.43	6.23	
Profundidade	P meh-1	V	m	M.O	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
m	mg dm ⁻³	----%		dag kg ⁻¹	-----mg dm ⁻³ -----					
0.0 - 0.2	8.9	47	0	3.0	0.55	5.10	47	7.8	3.6	
0.2 - 0.4	7.4	39	0	2.9	0.56	4.50	43	3.8	2.2	
Caracterização química da folha										
N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
-----g Kg ⁻¹ -----					-----mg Kg ⁻¹ -----					
34	1.9	23	12.4	3.3	1.8	38	7	220	103	9

Areia, silte e argila determinado pelo método da pipeta (agitação lenta); P, K=(HCL 0.05 mol L⁻¹ + H2SO4 0.0125 mol L⁻¹) P disponível (extrator Mehlich-1); Ca, Mg, Al (KCl 1 mol L⁻¹); H+Al= (Solução Tampão SMP a pH 7.5); SB= Soma de Bases; t= CTC efetiva; T= CTC a pH 7.0; V= Saturação por bases; m= Saturação por Alumínio (EMBRAPA, 1997), M.O = Método Colorimétrico. B = (BaCl2.2H2O 0.0125% à quente); Cu, Fe, Mn, Zn= (DTPA 0.005 mol L⁻¹ + TEA 0.1 mol L⁻¹ + CaCl2 0.01 mol L⁻¹ a pH 7.3). Caracterização química da folha: N: Digestão sulfúrica; P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn: Digestão nitro perclórico; B: Incineração

A caracterização física do solo foi realizada no Laboratório de Manejo do Solo (LAMAS) da Universidade Federal de Uberlândia. Já as análises químicas de solo e de folha foram realizadas no Laboratório Safrar análises agrícolas na cidade de Uberlândia-MG.

2.6 Manejo e condução do experimento

Todos os tratamentos culturais necessários foram realizados durante todo o ciclo da cultura, tais como: controle de infestantes, controle de pragas, doenças e outros. Diferindo apenas quanto a forma de adubação. A aplicação de corretivo para correção de acidez não foi necessária, uma vez que foi constatado por meio de análise do solo que o pH se encontrava dentro da faixa ideal no período do início do experimento. Amostras de solo

foram coletadas no período de setembro de 2020, a fim de realizar a caracterização física e química do solo, além da coleta de folhas para análise foliar.

A recomendação dos fertilizantes foi realizada com base na produtividade esperada da cultura e na classe de disponibilidade dos nutrientes no solo. Foram feitos diferentes parcelamentos de aplicação dos fertilizantes (1 época: todo fertilizante aplicado em outubro), duas épocas (fertilizante aplicado em outubro e dezembro) e três épocas (fertilizante aplicado em outubro, dezembro e janeiro). Já a recomendação da dose foi baseada no posicionamento de cada empresa, sendo o fertilizante mineral convencional (dose de 100% N, P₂O₅ e K₂O); fertilizante com polímero (70% N, P₂O₅ e K₂O); fertilizante organomineral com resíduo celulósico (70% N, 50% P₂O₅ e 70%K₂O) e fertilizante organomineral com torta de filtro (70%% N, P₂O₅ e K₂O).

2.7 Avaliações

2.7.1 Variáveis de crescimento e clorofila

Taxa de incremento dos ramos plagiotrópicos: medido com uma régua graduada do ponto de inserção do ramo até a gema terminal, em centímetros.

Diâmetro da copa: medido com uma régua graduada, tomando-se como padrão de medida os dois ramos no sentido das entrelinhas que apresentaram o maior comprimento, em centímetros.

Altura da planta: medida com uma régua do nível do solo até o ponto de inserção da gema terminal, em centímetros.

Clorofila: medido por meio do aparelho portátil (SPAD- 502 Plus Minolta) conforme (MINOLTA CAMERA, 1989) nas folhas de café no período da manhã até as 10:00h.

2.7.2 Teores de nutrientes no solo e nas folhas

A amostragem foliar foi realizada em janeiro de 2021 e 2022, onde foram coletadas de 40 a 50 pares de folhas do 3° e 4° par de ramos produtivos, nos quatro quadrantes do terço médio das seis plantas centrais da parcela, a fim de determinar os teores nutricionais de (N, P e K) da folha.

As amostras de solo foram coletadas em maio de 2021 e 2022, com trado tipo sonda, nas profundidades de 0.0- 0,20 m na área da parcela útil, a fim de determinar os teores nutricionais de (P e K) do solo.

O solo e as folhas coletadas, foram acondicionados em sacos de plástico e sacos de papel perfurados devidamente identificadas e enviadas para o Laboratório Safrar Análises Agrícola, para determinação dos macronutrientes, conforme metodologia de (BATAGLIA et al., 1983).

2.7.3 Produtividade e qualidade de bebida

A colheita da lavoura foi realizada em cada parcela útil por meio de derriça manual no pano. Determinou-se o início da colheita em função do menor percentual possível de frutos verdes na planta (< 10%). Após a determinação do volume produzido pela parcela, retirou-se amostra de 10 L, cuja secagem foi feita em terreiro. Após atingir a umidade de 11%, determinaram-se a massa e o volume do café em coco. Posteriormente, as amostras foram beneficiadas e novamente determinaram-se a massa, o volume e a umidade do café. Com base na relação do volume da amostra de 10 L do café colhido no pano e da massa da amostra beneficiada, determinou-se a produção por parcela, para posteriormente extrapolá-la para produtividade em sacas ha⁻¹.

Para a avaliação da qualidade da bebida, foram selecionados uma amostra de 3,0L de frutos de café no estágio cereja dentro de cada parcela útil. Posteriormente foi feita a secagem em terreiro até atingir umidade de 11%, beneficiamento, torra para análise sensorial da bebida e a pontuação da bebida de acordo metodologia de classificação da Associação americana de café especiais (SCAA, 2008).

2.8 Análise estatística

Foi feita a análise de valores extremos (outliers) nos dados de cada variável estudada por meio de gráficos boxplot dos resíduos gerados no software SPSS Statistics® (CHAMBERS et al., 1983). Valores atípicos identificados foram tratados como parcelas perdidas e substituídos por valores estimados pelo método de soma mínima dos quadrados de resíduos. Em seguida, cada outlier (parcela perdida) substituído, teve um grau de liberdade removido do erro experimental na análise de variância subsequente (ANOVA-F-teste) (PIMENTEL GOMES et al., 2002).

O software SPSS Statistics® também foi utilizado para confirmar a normalidade da distribuição de resíduos por Shapiro-Wilk (pressuposições básicas para a ANOVA, $p > 0,01$) e os coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis. Sendo fundamental que os dados estejam normalmente distribuídos e sem outliers para evitar erros associados à computação e interpretação da correlação de Pearson (FILHO & SILVA, 2009).

Após a confirmação das pressuposições realizou-se a análise de variância (teste F) por meio do programa estatístico SISVAR®. Foi realizado também análise de contraste por Scheffé após a checagem da significância da diferença apresentada após anava, $p < 0,05$ para as variáveis de produtividade e qualidade de bebida.

3 RESULTADOS

Na tabela 4 são apresentados os resultados referentes às variáveis teor de clorofila, altura da planta, diâmetro da copa e desenvolvimento do ramo plagiotrópico para as 3 épocas de aplicação e as diferentes fontes de fertilizantes (minerais e organominerais).

Para a variável altura da planta, independentemente das épocas de aplicação (uma, duas ou três), não foi observada diferença entre a utilização das diferentes fontes de fertilizantes. Essa diferença foi observada apenas na safra 21/22, não havendo nenhuma interação significativa na primeira época de avaliação (safra 20/21).

Com relação à altura da planta, a aplicação das fontes de fertilizantes, independentemente se mineral ou organomineral, não apresentou variação significativa para nenhuma das épocas de avaliação (safra 20/21 e 21/22) e nem para a aplicação em uma, duas ou três vezes. Sendo assim, o parcelamento da adubação não resultou em ganhos para esse parâmetro.

Na safra 20/21 é importante observar a influência das fontes minerais bem como da quantidade de aplicação dessas fontes no desenvolvimento do diâmetro da copa, sendo que para as fontes Mineral, MineralP e fertilizante organomineral com resíduo celulósico (OMRC) o parcelamento em 3 épocas resultou em um desenvolvimento maior do diâmetro da copa do cafeeiro, já para a fonte de fertilizante organomineral com torta de filtro (OMTF) o parcelamento em duas aplicações já são suficientes para se ter um maior desenvolvimento do diâmetro da copa. Para a safra 21/22 não foram observados efeitos significativos das fontes de fertilizantes e nem das épocas de aplicação com o desenvolvimento do diâmetro da copa. Quando da aplicação das fontes de fertilizantes em duas épocas, a fonte OMTF apresentou um maior diâmetro da copa e o OMRC um menor diâmetro, embora ambas as fontes não tenham se diferenciado estatisticamente das fontes minerais, já com a aplicação em uma ou três épocas não houve nenhuma diferença entre as fontes.

Com relação ao ramo plagiotrópico, o efeito das diferentes fontes de fertilizantes bem como das épocas de aplicação só foi observado para a segunda época de avaliação (safra 21/22), sendo que com apenas uma época de aplicação a fonte OMTF apresentou maior desenvolvimento do ramo plagiotrópico em comparação à demais fontes, sendo que para essa variável, basta um único parcelamento (aplicação) para resultar em um desenvolvimento superior do ramo plagiotrópico nas condições desse experimento. As

demais fontes independentemente se duas ou três épocas de aplicação não diferiram estatisticamente entre si.

Tabela 4. Clorofila, Altura de Planta (cm), Diâmetro da copa (cm) e Taxa de incremento dos ramos plagiotrópicos (cm). Indianópolis- MG.

Épocas	Safrá 20/21					Safrá 21/22				
	Mineral	MineralP	OMRC	OMTF	$\bar{Y}_{\text{épocas}}$	Mineral	MineralP	OMRC	OMTF	$\bar{Y}_{\text{épocas}}$
Clorofila										
1	83,98	91,58	82,01	102,31	89,97	67,23	65,79	66,14	63,58	65,69
2	82,33	78,00	88,04	96,35	86,18	64,44	63,54	66,57	63,57	64,53
3	86,88	101,44	74,18	82,81	86,33	67,38	65,07	67,98	64,72	66,29
$\bar{Y}_{\text{fertilizantes}}$	84,40	90,34	81,41	93,82		66,35A	64,80A	66,89A	63,96A	
P_{fertilizantes}			0,56					0,04*		
P_{épocas}			0,87					0,19		
P_{interação}			0,67					0,87		
C.V. (%)			26,69					4,10		
Altura da planta										
1	241,35	241,93	247,47	249,67	245,11	277,75	282,50	284,75	288,00	283,25
2	244,75	247,53	247,17	246,67	246,53	280,33	282,00	286,25	282,50	282,77
3	242,22	245,40	245,55	247,37	245,14	277,50	281,75	282,75	282,00	281,00
$\bar{Y}_{\text{fertilizantes}}$	243,85	244,95	246,73	247,91		278,53	283,08	284,58	284,17	
P_{fertilizantes}			0,16					0,09		
P_{épocas}			0,30					0,57		
P_{interação}			0,37					0,89		
C.V. (%)			1,88					2,22		

Diâmetro da copa										
1	201,68aA	200,68aB	196,50aA	199,52aA	200,46	188,75	186,00	191,25	193,50	189,87
2	197,88abA	195,00bAB	196,00bA	199,28aA	198,22	188,25	189,25	194,50	191,00	190,95
3	195,68aA	202,33aA	195,75aA	197,56aB	197,56	182,75	186,50	181,75	186,25	184,31
$\bar{Y}_{\text{fertilizantes}}$	198,41	199,33	196,08	201,16		186,58	187,25	189,17	190,25	
P _{fertilizantes}			0,01					0,78		
P _{épocas}			0,06					0,14		
P _{interação}			0,01*					0,92		
C.V. (%)			1,78					5,15		
Ramo plagiotrópico										
1	16,40	17,16	20,26	13,63	16,86	52,39abA	50,37bA	51,97abA	53,59aA	52,08
2	18,87	18,64	15,00	12,36	16,22	50,85aA	50,97aA	53,10aA	52,96aAB	51,97
3	17,18	18,09	19,03	18,33	18,16	51,55aA	51,50aA	50,53aA	50,86aB	51,10
$\bar{Y}_{\text{fertilizantes}}$	17,48	17,97	18,10	14,77		51,59	50,95	51,87	52,47	
P _{fertilizantes}			0,22					0,05		
P _{épocas}			0,45					0,09		
P _{interação}			0,39					0,05		
C.V. (%)			17,07					3,29		

Médias seguidas de letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0.05 de probabilidade

Na tabela 5 são apresentados os teores foliares de N, P e K para as diferentes épocas de aplicação e fontes de fertilizantes.

O teor de N foliar na primeira época de avaliação (safra 20/21) foi significativo apenas para o efeito das diferentes fontes de fertilizante, independentemente das épocas de aplicação, a fonte OMTF apresentou maiores teores foliares desse nutriente, sem, contudo, se diferenciar estatisticamente da fonte mineral convencional. Já para a segunda época de avaliação (safra 21/22), a fonte mineral convencional apresenta maiores teores de N foliar quando da aplicação em 3 épocas, enquanto as demais fontes (mineralP, OMRC e OMTF) com uma única aplicação já apresentam teores superiores de N foliar. Entretanto, o fertilizante mineral com polímero é necessário apenas uma única época de parcelamento, OMRC uma e duas épocas de parcelamento e o OMTF não apresenta diferença independentemente do parcelamento feito.

Para a variável P foliar as fontes de fertilizantes testadas nesse experimento, bem como as épocas de aplicação não interferiram significativamente nos teores desse elemento em nenhuma das épocas de avaliação (safra 20/21 e 21/22).

Com relação aos teores de K foliar, foram encontrados resultados significativos apenas para a segunda época de avaliação (safra 21/22), assim o OMRC apresentou maiores teores de K foliar quando feito o parcelamento em duas e três épocas, enquanto o OMTF em uma e duas épocas de parcelamento.

No parcelamento em uma e três épocas, os fertilizantes não apresentaram resposta diferente no teor de K foliar, enquanto para as duas épocas de aplicação, apenas a fonte mineral com polímero apresentou teor de K foliar inferior às demais fontes. Com relação às épocas de aplicação, apenas a fonte OMRC necessita de duas épocas de aplicação, as demais fontes com uma única época de aplicação já conseguem elevar significativamente os teores de K foliares.

Tabela 5. Teores dos nutrientes Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K) na folha. Indianópolis- MG.

Épocas	Safrá 20/21					Safrá 21/22				
	Mineral	MineralP	OMRC	OMTF	$\bar{Y}_{\text{épocas}}$	Mineral	MineralP	OMRC	OMTF	$\bar{Y}_{\text{épocas}}$
N										
1	30,32	29,12	29,67	30,75	29,97	34,70aC	35,60aA	35,27aA	27,52bA	33,28
2	30,70	28,40	29,60	29,57	29,57	39,65aB	32,30bB	33,90bAB	28,67cA	33,22
3	31,30	29,67	28,67	32,20	30,46	52,30aA	32,12bB	30,57bB	30,52bA	36,61
$\bar{Y}_{\text{fertilizantes}}$	30,78a	29,07b	29,31b	30,84a		42,47	33,34	32,70	28,96	
P _{fertilizantes}			0,00*					0,00		
P _{épocas}			0,13					0,00		
P _{interação}			0,15					0,00*		
C.V. (%)			4,04					5,41		
P										
1	1,30	1,35	1,40	1,42	1,37	1,92	1,87	1,85	2,07	1,93
2	1,37	1,47	1,37	1,45	1,42	1,75	1,70	2,05	1,82	1,83
3	1,35	1,45	1,30	1,35	1,36	1,82	1,80	1,87	1,67	1,79
$\bar{Y}_{\text{fertilizantes}}$	1,34	1,43	1,36	1,41		1,83	1,79	1,93	1,86	
P _{fertilizantes}			0,18					0,38		
P _{épocas}			0,26					0,12		
P _{interação}			0,50					0,14		
C.V. (%)			7,57					10,25		
K										
1	25,00	24,50	25,25	24,50	24,81	30,50aA	29,75aA	27,25aB	30,00aA	29,38
2	24,25	26,25	24,25	24,25	24,75	28,75abA	27,00bA	30,75aA	28,00abAB	28,63

3	25,00	26,50	24,00	23,50	24,75	29,75aA	28,25aA	29,75aAB	26,75aB	28,63
\bar{Y} fertilizantes	24,75	25,75	24,50	24,08		29,66	28,33	29,25	28,25	
P fertilizantes			0,22					0,16		
P épocas			0,99					0,40		
P interação			0,64					0,01*		
C.V. (%)			7,92					6,18		

Médias seguidas de letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0.05 de probabilidade

Na tabela 6 são apresentados os teores de P e K no solo para as diferentes épocas de aplicação e fontes de fertilizantes.

Com relação aos teores de P no solo, apenas as diferentes fontes de fertilizantes, independentemente das épocas de aplicação apresentaram diferenças significativas, sendo que apenas a fontes mineral convencional apresentou teores inferiores de P no solo. Não foram encontrados efeitos significativos das fontes ou épocas de aplicação para a segunda época de avaliação.

Com relação aos teores de K no solo, nas condições desse experimento, as fontes de fertilizantes, bem como as épocas de aplicação, não interferiram nos teores dessa variável no solo.

Tabela 6. Teores dos nutrientes Fósforo (P) e Potássio (K) no solo. Indianópolis- MG.

Épocas	Safra 20/21					Safra 21/22				
	Mineral	MineralP	OMRC	OMTF	$\bar{Y}_{\text{épocas}}$	Mineral	MineralP	OMRC	OMTF	$\bar{Y}_{\text{épocas}}$
P										
1	14,00	17,33	26,23	19,35	19,23	36,33	24,40	24,85	30,27	28,96
2	14,98	21,93	18,18	17,83	18,23	19,75	33,28	35,15	32,95	30,28
3	10,70	20,70	20,02	13,57	16,25	28,90	27,23	30,40	28,35	28,72
$\bar{Y}_{\text{fertilizantes}}$	13,23b	19,99a	21,48a	16,92ab		28,33	28,30	30,13	30,53	
P _{fertilizantes}			0,00*					0,92		
P _{épocas}			0,18					0,89		
P _{interação}			0,12					0,17		
C.V. (%)			25,19					33,54		
K										
1	108,75	98,00	104,25	86,00	99,25	82,25	86,50	70,25	68,00	76,75
2	115,25	108,00	101,25	111,50	109,00	74,50	68,25	53,00	78,75	68,62
3	108,00	135,50	90,00	157,25	122,69	63,50	56,50	63,25	73,00	64,06
$\bar{Y}_{\text{fertilizantes}}$	110,67	113,83	98,50	118,25		73,42	70,42	62,17	73,25	
P _{fertilizantes}			0,32					0,30		
P _{épocas}			0,06					0,10		
P _{interação}			0,06					0,28		
C.V. (%)			24,07					23,12		

Médias seguidas de letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0.05 de probabilidade

Na tabela 7 são apresentados os resultados de produtividade e qualidade de bebida para as duas épocas de avaliação (safra 20/21 e 21/22) quando da avaliação das épocas de aplicação das diferentes fontes de fertilizantes testadas nesse experimento.

Para a variável produtividade, apenas na segunda época de avaliação (safra 21/22) foram observados efeito das épocas de aplicação, independentemente das fontes de fertilizantes utilizadas a aplicação em duas épocas resultou em maior produtividade. Independentemente do ano de produção avaliado observou-se uma diferença significativa favorável na análise de contraste dos tratamentos contendo os organominerais (OMRC e OMTF) em relação aos tratamentos (mineral convencional e mineral com polímero).

Com relação à qualidade de bebida, o efeito das fontes de fertilizantes, bem como das épocas de aplicação foram observados apenas para a primeira época de avaliação (safra 20/21) para uma única aplicação, a fonte MineralP apresenta maior qualidade de bebida, e para duas ou três épocas de aplicação, a fonte organomineral OMTF apresentou uma qualidade de bebida superior. Com relação à quantidade de aplicações, a fonte mineral convencional apresentou qualidade de bebida superior independentemente da época de aplicação, enquanto as fontes MineralP e OMRC apresentaram melhores resultados para qualidade da bebida quando da aplicação em uma ou duas épocas, apenas a fonte OMTF apresentou qualidade de bebida melhor a partir da segunda época de aplicação.

Tabela 7. Produtividade (sacas há⁻¹) e Qualidade de bebida. Indianópolis- MG.

Épocas	Safrá 20/21				$\bar{Y}_{\text{épocas}}$	Safrá 21/22				$\bar{Y}_{\text{épocas}}$
	Mineral	MineralP	OMRC	OMTF		Mineral	MineralP	OMRC	OMTF	
Produtividade										
1	25,73	36,60	23,20	40,05	31,39	76,95B	65,70B	68,45B	62,20B	68,32
2	31,09	29,88	45,20	21,85	32,00	82,95A	69,20A	79,45A	92,95A	81,14
3	11,50	36,40	28,58	31,70	27,04	69,20AB	72,20AB	74,20AB	85,20AB	75,20
$\bar{Y}_{\text{fertilizantes}}$	22,77	34,29	32,33	31,20		76,37	69,03	74,03	80,12	
P_{fertilizantes}			0,33					0,16		
P_{épocas}			0,65					0,02*		
P_{interação}			0,20					0,15		
C.V. (%)			53,89					15,84		
Bebida										
1	82,13bA	83,83aA	82,75abA	80,25bB	82,24	81,83	84,83	81,50	84,50	83,16
2	82,08bA	83,25abAB	82,50abA	84,00aA	82,96	81,33	82,83	83,08	82,50	82,43
3	80,75bcA	82,00bB	80,00cB	84,85aA	81,90	82,33	83,50	82,33	80,67	82,21
$\bar{Y}_{\text{fertilizantes}}$	81,65	83,03	81,75	83,03		81,83	83,72	82,30	82,56	
P_{fertilizantes}			0,00					-		
P_{épocas}			0,01					-		
P_{interação}			0,00*					-		
C.V. (%)			1,05					-		

Médias seguidas de letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0.05 de probabilidade

4 DISCUSSÃO

O uso de fertilizantes organominerais, independente das épocas de aplicação não apresentaram distinção das demais fontes de fertilizantes para clorofila e altura de planta. Em desacordo, Bonfim-Silva et al., (2020) afirmam que o incremento de matéria orgânica no solo influencia positivamente no crescimento vegetativo de diversas culturas. Assim, as fontes de fertilizantes que associa mineral convencional e material orgânico deveriam ter apresentado alguma influência.

O uso de fertilizante mineral convencional, mineral com polímero, organomineral com celulose respondem melhor a três épocas de aplicação, ao passo que o organomineral a base de torta de filtro em duas aplicações no desenvolvimento do diâmetro da copa na safra (20/21). Já para ramo plagiotrópico é necessário apenas uma aplicação do OMTF no segundo ano de avaliação para responder positivamente no desenvolvimento da planta.

Os ganhos em variáveis de desenvolvimento de plantas em menor número de aplicações do fertilizante organomineral têm se justificado especialmente pelos benefícios da matéria orgânica sobre o solo e pelo efeito de proteção da fonte mineral do fertilizante (KOMINKO et al., 2017; SMITH et al., 2020; BOUHIA et al., 2022). Sendo a utilização dos fertilizantes organominerais mais frequentes em culturas perenes, devido a liberação mais lenta e gradual dos nutrientes que estão protegido pela matéria orgânica (MAKINDE et al., 2011).

Do ponto de vista nutricional, o teor de N foliar alcançou resultados satisfatórios com apenas uma aplicação para as fontes de fertilizantes (mineral, OMRC e OMTF), enquanto a fonte de fertilizante mineral convencional foram necessárias três aplicações para um maior aproveitamento desse elemento. Em concordância, Machado et al., (2014), afirmam que os fertilizantes organominerais reduzem a perda do nitrogênio ($\text{NH}_3\text{-N}$) por volatilização em relação aos fertilizantes minerais exclusivos.

Destaca-se ainda que o desenvolvimento sustentável da agricultura depende do aumento da eficiência de uso do nitrogênio e, conseqüentemente, da redução das perdas de N de diferentes fontes, como a volatilização do NH_3 , lixiviação de NO_3 e as emissões de N_2O (PUGA et al., 2020). Assim, em avaliação comparativa da adubação nitrogenada mineral e organomineral e o papel dos aminoácidos como promotores de crescimento de plantas no cultivo de milho, demonstrou que a combinação de quantidades reduzidas de fertilizantes minerais e o papel dos aminoácidos podem aumentar de forma sustentável a

produtividade e de forma rentável. Apoiando a ideia de que existe uma busca crescente para o uso racional de fertilizantes de base nitrogenada, aplicando taxas relativamente baixas objetivando a redução da perda de nitrogênio, bem como os efeitos negativos ao meio ambiente. Contudo, sem a utilização de tecnologias inovadoras e que respeitam o meio ambiente, como os fertilizantes organominerais e outros, o manejo de adubação visando maior eficiência se tornaria ainda mais complexo (KATSENIOS et al., 2021; RASHID et al., 2022; SADAK et al., 2015).

Apesar do K do solo não ter apresentado influência sob as diferentes fontes de fertilizantes e épocas, o K foliar demonstrou que o OMRC necessita de duas épocas de aplicação, enquanto as demais fontes com uma única época de aplicação conseguem elevar os teores de K foliar. Em concordância, Gonçalves et al., (2021) afirmam que os fertilizantes organominerais oferecem maiores teores de K trocáveis nas camadas superiores do solo e são relativamente eficientes em comparação com as aplicações exclusivas de fertilizantes minerais. O potássio trocável, corresponde a reserva imediata para os organismos no solo e retido pelas cargas negativas dos minerais de argila e matéria orgânica (BASAK et al., 2017), logo o aporte de matéria orgânica no solo pode favorecer a eficiência no uso desse nutriente (DIAS et al., 2020). Além disso, os fertilizantes organominerais possuem um potencial menos reativo fornecem nutrientes com solubilização gradual e melhoram as propriedades físicas do solo (FRAZÃO et al., 2019).

Todavia, para o conteúdo de P foliar, apesar de não observada diferença nas diferentes fontes e épocas de aplicação, o conteúdo de P no solo, mostrou que os fertilizantes minerais com polímero, organomineral com celulose e torta de filtro apresentaram maiores teores de fósforo no solo, enquanto o fertilizante mineral apresentou menor conteúdo de fósforo no solo, independentemente da época de aplicação no primeiro ano de avaliação.

Segundo Crusciol et al., (2020), o fósforo do fertilizante mineral é facilmente solúvel, já o fertilizante organomineral depende da mineralização do solo para sua disponibilidade, através de uma quebra de ligação OM-P da estrutura orgânica, que define a liberação lenta desse elemento. Zavaschi et al. (2020) monitorando a disponibilidade de P no solo com fertilizante fosfatado e substâncias húmicas (matéria orgânica), observaram um aumento no P lábil no solo. Outros estudos também apresentaram um efeito positivo da matéria orgânica em fertilizantes P, o que afetou diretamente o rendimento da cultura (MALUF et al., 2018). Apoiando assim, a ideia de investigar novos tipos de adubação,

visando diminuir, no futuro, o uso de fertilizantes minerais convencionais através do uso de fertilizantes organominerais (EFTHIMIADOU et al., 2022).

Para o rendimento da cultura é observado que independentemente das fontes de fertilizantes utilizadas a aplicação em duas épocas resultou em maior produtividade na segunda safra, efeito esse evidenciado principalmente nos fertilizantes organominerais.

Em trabalho realizado por Fernandes et al., (2021) comparando a adubação orgânica e organomineral do cafeeiro irrigado por gotejamento, foi feita a aplicação de fontes de fertilizantes convencionais em quatro épocas de aplicação enquanto as fontes orgânicas e organominerais foram aplicados uma vez por ano via jato dirigido e apresentando resultados satisfatórios para as fontes com conteúdo orgânicos ao final de quatro safras avaliadas. Ribeiro, (2015), comparando a eficiência e os custos de fertilizantes nitrogenados convencionais e de eficiência aumentada no cafeeiro, observou que o uso de adubo de liberação lenta e/ou controlada promoveu maiores ganhos em produtividade em relação aos fertilizantes convencionais.

O maior parcelamento é necessário, principalmente de fontes de fertilizantes, cujo nutriente com maior solubilidade e volatilidade como o nitrogênio, aumentando a eficiência das adubações, entretanto elevando significativamente os custos operacionais (MENDONÇA et al., 2007).

O maior número de parcelamento causa não só impacto no custo operacional, como também, influi na maior emissão de gases de efeito estufa. E de acordo com Mantoam et al., (2020) em estudo de pegadas de energia, carbono e água em máquinas agrícolas das décadas de 1970 e 1980, a pegada de carbono variou entre 11 e 30t CO₂ para tratores, entretanto, as máquinas agrícolas são fundamentais na agricultura, permitindo as atividades a realização de práticas de campo e a produção em larga escala. Em concordância, Tubiello et al., (2021) observaram resultados que indicam que as emissões pré e pós-produção são mais acentuadas em relação as emissões de alteração do uso do solo entre os anos de 1990-2018. Assim como Campera et al., (2021) destaca a importância de ações conservacionistas num programa para cafeicultura sustentável através do uso de fontes orgânicas em produtores de café da Indonésia. Um sistema, que visa uma agricultura mais sustentável cresce cada vez mais, não só na Indonésia, mas em todas as regiões produtoras de café do mundo. Destacando inicialmente o maior aporte de carbono no solo com o uso de fontes orgânicas e/ou organominerais, além das menores emissões de gases de efeito estufa devido a menor entrada de maquinário na área para fazer aplicações.

Entretanto para isso, o governo deve também estar sustentando a agricultura e fornecer incentivos para os agricultores dispostos a buscarem práticas de manejo mais orgânicas, associando uma produção sustentável e de alta rentabilidade para maior longevidade e expansão da cultura a nível global. Sendo importante o incentivo a pesquisas de inovações tecnológicas, através do uso de fontes de fertilizantes que combine a presença de material orgânico associado a fontes convencionais para suprir a demanda da planta e que permita a redução de parcelamentos e/ou entradas de maquinário no campo para aplicações de fertilizantes de forma eficiente

Considerando no aspecto pós-colheita em qualidade de bebida, o fertilizante mineral convencional apresentou resultados superiores independentemente da época de aplicação, enquanto as fontes MineralP e OMRC apresentaram melhores resultados para qualidade da bebida quando da aplicação em uma ou duas épocas, apenas a fonte OMTF apresentou qualidade de bebida melhor a partir da segunda época de aplicação. Assim, o uso de adubos de liberação lenta e/ou controlada são alternativas para minimizar não somente os custos de produção pelo menor número de entradas para aplicação, mas também aumentar a eficiência dos nutrientes (SERRANO et al., 2010; COSTA et al., 2011).

5 CONCLUSÕES

O uso de fertilizantes organominerais, independente das épocas de aplicação não apresentaram diferença em relação as demais fontes de fertilizantes para clorofila e altura de planta. Para diâmetro de copa três aplicações dos fertilizantes (mineral convencional, mineral com polímero, organomineral com celulose) e duas aplicações do (organomineral com torta de filtro) apresentou melhores resultados. No entanto, para ramo plagiotrópico é necessário apenas uma aplicação do OMTF.

Para N foliar, no primeiro ano os fertilizantes OMTF e mineral convencional se destacou significativamente independentemente da época de aplicação. No segundo ano, as fontes de fertilizantes (mineral, OMRC e OMTF) alcançou resultados satisfatórios com apenas uma aplicação para o teor de N foliar, enquanto, para o fertilizante mineral convencional foram necessárias três aplicações para resultados superiores.

Não foi observado diferença para o conteúdo de P foliar nas diferentes fontes e épocas de aplicação, entretanto, o conteúdo de P no solo mostrou que os fertilizantes (mineral com polímero, organomineral com celulose e torta de filtro) apresentaram maiores teores de fósforo no solo e o fertilizante mineral menor conteúdo de fósforo no solo.

O K do solo não teve resposta para as diferentes fontes de fertilizantes e épocas, enquanto o K foliar demonstrou que o OMRC necessita de duas e três épocas de aplicação, já o OMTF uma e duas aplicações para maior teor de K foliar.

A aplicação em duas e três épocas resultou em maior produtividade na segunda safra, independentemente das fontes de fertilizantes utilizadas. E em análise de contraste o grupo de fertilizantes organominerais apresentaram médias superiores em relação ao grupo de (mineral convencional e mineral com polímero) nas duas safras.

O fertilizante mineral convencional apresentou resultados superiores para qualidade de bebida, independentemente da época de aplicação, enquanto as fontes MineralP e OMRC foi necessário uma ou duas épocas, ficando o OMTF com maior qualidade de bebida a partir da segunda época de aplicação.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, U. O.; NETO ANDRADE, R. C.; ARAUJO, J. M.; COSTA, D. A.; JÚNIOR TEIXEIRA, D. P. Fertilizantes de liberação lenta na produção de mudas frutíferas, **South American Journal of Basic, Technical and Technological**, [S.I.], v.6, n.1, p.518-527, 2019.
- ANTUNES, F. Z. **Caracterização climática do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Informe Agropecuário, 1986. v. 12.
- BARTHOLO, G. F.; FILHO, MAGALHÃES, A. A. R.; GUIMARÃES, P. T. G.; CHALFOUN, M. S. **Cuidados na colheita, no preparo e armazenamento do café**. Belo Horizonte: Informe Agropecuário, 1989. v. 14.
- BASAK, B. B.; SARKAR, B.; BISWAS, D. R.; SARKAR, S.; SANDERSON, P.; NAIDU, R. Chapter Three -Bio-intervention of naturally occurring silicate minerals for alternative source of potassium: challenges and opportunities. Eds: SPARKS, D.L., In: *Advances in Agronomy*, Academic Press, v. 141, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2016.10.016>
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas, Instituto Agrônômico, 1983.
- BONFIM-SILVA, E. M.; FERNANDES, G. B.; ALVES, R. D. SOUZA.; CASTAÑON, T. H. F. M.; SILVA, T. J. A. Adubação mineral, orgânica e organomineral na cultura do rabanete. **Brazilian Journal of Development**, [S.I.], v. 6, n.5, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-037>
- BOUHIA, Y.; HAFIDI, M.; OUHDOUCH, Y.; BOUKHARI, M. E. M. E.; MPHATSO, C.; ZEROUAL, Y.; LYAMLOULI, K. Conversion of waste into organo-mineral fertilizers: current technological trends and prospects. **Reviews in Environmental Science and BioTechnology**, [S.I.], v. 21, p. 425-446, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11157-022-09619-y>
- CAMPERA, M.; BUDIADI, B.; ADINDA, E.; AHMAD, N.; BALESTRI, M.; HEDGER, K.; LMRON, M. A.; MANSON, S.; NIJMAN, V.; NEKARIS, K. A. I. Fostering a Wildlife-friendly program for sustainable coffee farming: The case of small Holder farmers in indonesia. **Land**, [S.I.], v.10, n.2, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/land10020121>
- CHAMBERS, J.M.; CLEVELAND, W.S.; KLEINER, B.; TUKEY, P. A. **Graphical methods for data analysis**. Wadsworth and Brooks/Cole: Belmont, CA, USA, 1983.
- COSTA, A. C.; DECARLOS NETO, A.; RAMOS, J. D.; BORGES, D. I. Alternativas para adubação de porta-enxertos de abacateiro ‘Quintal’ e seu efeito no pegamento de enxertia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [S.I.], v.33, n.4, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000400029>

COSTA, F. de K. D.; MENEZES, J. F. S.; ALMEIDA-JUNIOR, J. J.; SIMON, G. A.; MIRANDA, B. C.; LIMA, A. M. de; LIMA, M. S. de. Desempenho agrônomo da soja convencional cultivada com fertilizantes organomineral e mineral. **Nucleus**, [S.I.], v. 15, n. 2. p. 301-309, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3738/1982.2278.2902>

CRUSCIOL, C. A. C.; CAMPOS, M.; MARTELLO, J. M.; ALVES, C. J.; NASCIMENTO, C. A. C.; PEREIRA, J. C. R.; CANTARELLA, H. Organomineral fertilizer as source of P and K for sugarcane. **Scientific Reports**, [S.I.], v. 10, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62315-1>

CUNHA, E. G.; GUIDINELLE, R. B.; RANGEL, O. J. P.; PASSOS, R. R. Biochar and swine wastewater: Effects on soil fertility of diferente textures and corn nutrition. **Revista Ceres**, [S.I.], v.69, n.1, p.102-112, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737x202269010013>

DIAS, R. C.; CASTRO, T. A. V. T.; GONÇALVES, R. G. M.; POLIDORO, J. C.; ZONTA, E.; PEREIRA, M. G. Acúmulo de biomassa e potássio em gramíneas em função da fonte fertilizante e do solo. **Brazilian Journal of Development**, [S.I.], v.6, n.6, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n6-053>

EFTHIMIADOU, A.; SPARANGIS, P.; LEONIDAKIS, D.; KASIMATIS, C. N.; KAKABOUKI, L.; MYLONAS, L.; NINOUS.; GIANNIOTIS, P.; KATSENIOS, N. Comparative evaluation of mineral and organomineral nitrogen fertilization and the role of aminoacids as plant growth promoters in maize cultivation. **Agronomy**, [S.I.], v. 12, n. 11, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12112638>

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2017.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5.ed. Brasília: EMBRAPA, 2018.

ETO, A. N.; FAVARIN, J. L.; HAMMOND, J. P.; TEZOTTO, T.; COUTO, H. T. Z. Analysis of phosphorus use efficiency traits in Coffea Genotypes reveals Coffea Arabica and Coffea canephora have contrasting phosphorus uptake and utilization efficiencies. **Frontiers in Plant Science**, [S.I.], v. 7, p. 1-10, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00408>

FAVARIN, J. L.; TEZOTTO, T.; NETO, A. P.; PEDROSA, A.W. Cafeeiro. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (ed.) **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: IPNI – Brasil, 2010, cap.10, p. 411-467.

FERNANDES, A. L. T.; JUNIOR FRAGA, E. F.; CORREA, F.; SILVA, R. O. Organic and organic-mineral fertilization of coffee shrubs by drip irrigation. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, [S.I.], v.14, n.1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14Supl.1.e8621>

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JUNIOR, J. A. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson ®. **Revista Política hoje**, [S.I.], 18, 1-33, 2009.

FRAZÃO, J. J.; BENITES, V.M.; RIBEIRO, J. V. S.; PIERBON, V. M.; LAVRES, J. Agronomic effectiveness of a granular poultry litter-derived organomineral phosphate

- fertilizer in tropical soils: Soil phosphorus fraction and plant responses. **Geoderma**, [S.I.], v. 337, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.10.003>
- GENARI, D. A.; PALIN, D.; TAKAHARA, L. H.; FRANCISCO, J. P.; LOPES, A. D. Adubação fosfatada em soja: Potencialidades de diferentes fontes. **Research, Society and Development**, [S.I.], v. 10, n. 5, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14970>
- GONÇALVES, C. A.; DE CAMARGO, R.; DE SOUSA, R. T. X.; SOARES, N. S.; DE OLIVEIRA, R. C.; STANGER, M. C.; LANA, R. M. Q.; LEMES, E. M. Chemical and technological attributes of sugarcane as functions of organomineral fertilizer based on filter cake or sewage sludge as organic matter sources. **Plos one**, [S.I.], v.16, n.12, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236852>
- GONZÁLES-LIRIO, R. C.; CENTENO, L. G.; RÍOS, M. J.; ESPINOZA, C. S. A.; SALAZAR, J. R. C. Nitrogen losses due to volatilization from two nitrogenous sources and two application methods. **Siembra**, [S.I.], v. 8, n. 2, 2021.
- JARA, Q. R.; OTINIANO, A. J.; TAPIA, R. C.; HUAMÁN, L. A.; CÉPERO, V. C.; VENTURA, R. B. Composts of chicken and sheep manure enhance yield of coffee crops under an organic production system. **Arnaldoa**, [S.I.], v.26, n.2, 2019.
- KATSENIOS, N.; SPARANGIS, P.; GIANNOGLOU, M.; STERGIOU, P.; KAKABOUKI, L.; DJORDJEVIC, S.; EFTHIMIADOU, A.; ANDREOU, V.; DJORDJEVIC, N.; CHANIOTI, S.; XANTHOU, M. Z.; VLACHAKIS, D.; KATSAROS, G. Evolution of plant growth promoting bacteria strains on growth, yield and quality of industrial tomato. **Microorganisms**, [S.I.], v.9, n.10, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms9102099>
- KOMINKO, H.; GORAZDA, K.; WZOREK, K. The possibility of organo-mineral fertilizer production from sewage sludge. **Waste Biomass Valorization**, v. 8, n. 5, p. 1781–1791, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9805-9>
- MACHADO, V. J.; SOUZA, C. H. E.; RIBEIRO, V. J.; CAIXETA, C. G. Atividade da redutase do nitrato e desenvolvimento de milho irrigado adubado com fosfato monoamônico polimerizado. **Revista Brasileira Milho Sorgo**, [S.I.], v.12, p. 203-213, 2014. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v12n3p203-213>
- MAKINDE, E. A.; AYENI, L. S.; OJENIYI, S. O. Effects of organic, organomineral and NPK fertilizer treatments on the nutrient uptake of *Amaranthus cruentus* (L.) on two soil types in Lagos, Nigeria. **Journal of Central European Agriculture**, [S.I.], v. 12, n. 1, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5513/JCEA01/12.1.887>
- MALUF, H. J. G. M.; SILVA, C. A.; CURTI, N.; NORTON, L. D.; ROSA, S. D. Adsorption and availability of phosphorus in response to humic acid rates in soils limed with CaCO₃ or MgCO₃. **Ciência e Agrotecnologia**, [S.I.], v.42, p.7-20, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-70542018421014518>
- MANTOAM, E. J.; ANGNES, G.; MEKONNEN, M. M.; ROMANELLI, T. L. Energy, carbon and water footprints on agricultural Machinery. **Biosystems Engineering**, [S.I.], v. 198, p. 304-322, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.08.019>

MENDONÇA, V.; TOSTA, M. S.; MACHADO, J. R.; GOULART JÚNIOR, S. A. R.; TOSTA, J. S.; BISCARO, G. A. Fertilizante de liberação lenta na formação de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Ciência e Agrotecnologia**, [S.I.], v. 31, n. 2, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000200012>

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. Instrução Normativa N° 8 de 11 de junho de 2003: **Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para Classificação do Café Beneficiado Grão Cru**. Brasília: Brasil, 2003. p. 11.

MINOLTA CAMERA. **Manual for chlorophyll meter SPAD- 502**. Osaka: Minolta radiometric instruments Division, 1989. 22p.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. FEALQ: Piracicaba, Brazil, 2002.

PUGA, A. P.; GRUTZMACHER, P.; CERRI, C. E. P.; RIBEIRINHO, V. S.; ANDRADE, C. A. Biochar-based nitrogen fertilizers: Greenhouse gas emissions, use efficiency, and maize yield in tropical soils. **Science of The Total Environment**, [S.I.], v. 704, n. 20, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135375>

RASHID, N.; WAHID, A.; IBRAR, D.; IRSHAD, S.; HASNAIN, Z.; AL- HASHIMI, A.; ELSHIKH, M. S.; JACOBE, S. E.; KHAN, S. Application of natural and synthetic growth promoters improves the productivity and quality of quinoa crop through Enhanced photosynthetic and antioxidante activities. **Plant Physiology and Biochemistry**, [S.I.], v. 182, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.04.012>

RIBEIRO, V. J. **Fertilizantes nitrogenados estabilizados e de liberação lenta**: volatilização e disponibilidade para a planta. 2015. 82 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2015.

SADAK, M. S.; ABDELHAMID, M. T.; SCHIMIDHALTER, U. Effect of foliar application of aminoacids on plant and some physiological paramenters in bean plants irrigated with seawater. **Acta Biologica Colombiana**, [S.I.], v. 20, 2015. DOI: <https://doi.org/10.15446/abc.v20n1.42865>

SERRANO, L. A. L; CATTANEO, L. F.; FERREGUETTI, F. A. Adubo de liberação lenta na produção de mudas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 3, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452010000300001>

SIGNOR, D.; ZANI, C. F.; PALADINI, A. A.; DEON, M. D.; CERRI, C. E. P. Estoques de carbono e qualidade da matéria orgânica do solo em áreas cultivadas com cana de açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.I.], v.38, p. 1402-1410, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000500005>

SMITH, W. B.; WILSON, M.; PAGLIARI, P. Organomineral fertilizers and their application to field crops. **Animal Manure: Production, Characteristics, Environmental Concerns and Management**, [S.I.], v.67, 2020. DOI: <https://doi.org/10.2134/asaspecpub67.c18>

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. (2008, dezembro). Cupping Protocols. Retrieved 30 from march, 2020, from http://coffeetraveler.net/wpcontent/files/901-SCAA_CuppingProtocols_TSC_DocV_RevDec08_Portuguese.pdf

TABILE, R. A.; LOPES, A.; DABDOUB, M. J.; CAMARA, F. T.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P. Biodiesel de mamona no diesel interior e metropolitano em trator agrícola. **Engenharia Agrícola**, [S.I.], v.29, n.3, p. 412-423, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162009000300008>

TUBIELLO, F. N.; ROSENZWEIG, C.; CONCHEDDA, G.; KARL, K.; GUTSCHOW, J.; XUEYAO, P.; OBLI-LARYEA, G.; WANNER.; QIU, S. Y.; BARROS, J. Greenhouse gas emissions from food systems: Building the evidence base. **Environmental Research Letters**, [S.I.], v.16, n.6, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac018e>

Zavaschi, E.; Ferraz-Almeida, R.; Fária, L. A.; Otto, R.; Vitti, A. C.; Vitti, G. C. Application of superphosphate complexed with humic acid in an area of sugarcane. **Revista Ciências Agronômica**, [S.I.], v.51, p.1-8, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200010>