



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**RESPOSTA AGRONÔMICA E DA QUALIDADE DA BEBIDA DE CAFÉS
ARÁBICAS AO MANEJO DE FERTILIZANTES CONVENCIONAL E COM
TECNOLOGIAS ASSOCIADAS**

DIEGO HENRIQUE DA MOTA

TESE DE DOUTORADO EM AGRONOMIA

**BRASÍLIA/DF
NOVEMBRO/2024**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

RESPOSTA AGRONÔMICA E DA QUALIDADE DA BEBIDA DE CAFÉS
ARÁBICAS AO MANEJO DE FERTILIZANTES CONVENCIONAL E COM
TECNOLOGIAS ASSOCIADAS

DIEGO HENRIQUE DA MOTA

ORIENTADOR: MARCELO FAGIOLI

TESE DE DOUTORADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF
NOVEMBRO/2024



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

RESPOSTA AGRONÔMICA E DA QUALIDADE DA BEBIDA DE CAFÉS
ARÁBICAS AO MANEJO DE FERTILIZANTES CONVENCIONAL E COM
TECNOLOGIAS ASSOCIADAS

DIEGO HENRIQUE DA MOTA

TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO
DO GRAU DE DOUTOR EM AGRONOMIA.

APROVADA POR:

Prof. Dr. Marcelo Fagioli - Agronomia - Universidade de Brasília
Orientador - Presidente da Banca Examinadora
mfagioli@unb.br

Prof. Dr. Nicolau Brito da Cunha – Agronomia – Universidade de Brasília
Membro Interno
nicolau.cunha@unb.br

Pesq. Dr. Adriano Delly Veiga – Embrapa Cerrados
Membro Externo
adriano.veiga@embrapa.br

Prof. Dr. Ricardo Meneses Sayd – Agronomia – UNICESP
Membro Externo
ricardo_sayd@hotmail.com

Prof. Dr. Felipe Bittencourt Machado de Souza – Agronomia – Universidade de
Brasília
Membro Suplente
filipe.souza@unb.br

BRASÍLIA/DF, 28 de NOVEMBRO de 2024.

FICHA CATALOGRÁFICA

D559rr Mota, Diego Henrique da
RESPOSTA AGRONÔMICA E DA QUALIDADE DA BEBIDA DE CAFÉS
ARÁBICAS AO MANEJO DE FERTILIZANTES CONVENCIONAL E COM
TECNOLOGIAS ASSOCIADAS/ Diego Henrique da Mota. — Brasília:
Universidade de Brasília, 2024.
176f.
Tese (Agricultura) — Universidade de Brasília: Brasília, 2024.
Orientador(a): Dr. Marcelo Fagioli
1. Cafeicultura. 2. Organomineral. 3. Nutriente revestido. 4. Coffea
arabica. I. Doutor

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MOTA, D. H. **Resposta agrônômica e na qualidade da bebida de cafés arábicas ao manejo de fertilizantes convencional e com tecnologias associadas.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2024, 176f. Tese de Doutorado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Diego Henrique da Mota

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Resposta agrônômica e na qualidade da bebida de cafés arábicas ao manejo de fertilizantes convencional e com tecnologias associadas.

GRAU: Doutor

ANO: 2024

É concedida à Universidade de Brasília de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese de doutorado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

Nome: Diego Henrique da Mota

Matrícula: 200029657

E-mail: diegoh@unipam.edu.br

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho

A Deus pelo dom da vida e pela promessa da vida eterna.

aos meus pais Eliza e Vanderlei pela educação e disciplina.

à minha esposa Larissa, pelo apoio e compressão de todos os dias.

Às minhas filhas Maria Luiza e Helena, por trazerem alegria e luz pra minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Centro Universitário de Patos de Minas por incentivarem e confiarem no meu desenvolvimento profissional. Ao Reitor Prof. Henrique, aos professores Walter, Bruno, Vanessa, Marina, por me auxiliarem na revisão do trabalho.

À empresa AgroCP e seus colaboradores Miguel e Júlio por auxiliarem no fornecimento dos materiais e acompanhamento do desenvolvimento do trabalho.

Aos alunos Flávia, Rian e demais alunos do Grupo de Estudos Agronômicos (GEA) do Unipam por auxiliarem no desenvolvimento e coleta de dados do experimento.

A Universidade de Brasília, ao orientador Marcelo Fagioli, aos membros da banca, por dedicarem seu tempo a revisar, corrigir e estar presentes na defesa.

“Se você quer mudar o mundo, vá para casa e ame a sua família.”

Madre Teresa de Calcutá

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo Geral	3
2.2. Objetivos Específicos	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1. Importância da cafeicultura	3
3.2. Aspectos técnicos da cafeicultura	Erro! Indicador não definido.
3.3. O nitrogênio na cafeicultura	5
3.4. O Fósforo na cafeicultura	Erro! Indicador não definido.
3.5. O potássio na cafeicultura.....	Erro! Indicador não definido.
3.6. Fertilizantes minerais e tecnologias associadas	7
3.7. Fertilizantes organominerais	9
3.8. Parcelamento da adubação no desenvolvimento da planta e na produtividade 11	
3.9. Influência da adubação no crescimento da parte aérea.....	11
3.10. Influência da adubação na produtividade.....	12
3.11. Influência da adubação na classificação de grãos.....	Erro! Indicador não definido.
3.12. Influência da adubação na qualidade da bebida	15
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18
CAPÍTULO 1 – FONTES, DOSES E PARCELAMENTOS DE NUTRIENTES NO DESENVOLVIMENTO DA PARTE AÉREA DO CAFEIEIRO	24
RESUMO	24
ABSTRACT	25
1. INTRODUÇÃO	26

2. MATERIAL E MÉTODOS	28
2.1. Descrição da área experimental.....	28
2.2. Cultivar Catuaí vermelho IAC 144.....	32
2.3. Cultivar Tupi IAC 1669-33	33
2.4. Práticas culturais.....	33
2.5. Implantação do experimento	36
2.6. Experimento I.....	37
2.7. Experimento II.....	38
2.8. Avaliações do desenvolvimento vegetativo	41
2.9. Análise estatística	41
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
3.1. Experimento I.....	42
3.2. Experimento II.....	61
4. CONCLUSÃO	70
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
CAPÍTULO 2 – FONTES, DOSES E PARCELAMENTOS DE NUTRIENTES NA UNIFORMIDADE DE MATURAÇÃO E PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO.....	76
RESUMO	76
ABSTRACT	77
1. INTRODUÇÃO	78
2. MATERIAL E MÉTODOS	79
2.1. Descrição da área experimental.....	79
2.2. Cultivar Catuaí vermelho IAC 144.....	83
2.3. Cultivar Tupi IAC 1669-33	84
2.4. Práticas culturais.....	84
2.5. Implantação do experimento	87
2.6. Experimento I.....	88
2.7. Experimento II.....	89

2.8. Avaliação dos fatores componentes da produção.....	92
2.9. Análise estatística	93
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	93
3.1 Experimento I.....	93
3.2. Experimento II.....	102
4. CONCLUSÃO	108
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
CAPÍTULO 3 – FONTES, DOSES E PARCELAMENTOS DE NUTRIENTES NA CLASSIFICAÇÃO FÍSICA DE GRÃOS E QUALIDADE DE BEBIDA do café	112
RESUMO	112
ABSTRACT	113
1. INTRODUÇÃO	114
2. MATERIAL E MÉTODOS	115
2.1. Descrição da área experimental.....	115
2.2. Cultivar Catuaí vermelho IAC 144.....	119
2.3. Cultivar Tupi IAC 1669-33	120
2.4. Práticas culturais	120
2.5. Implantação do experimento	123
2.6. Experimento I.....	124
2.7. Experimento II.....	125
2.8. Colheita, secagem e beneficiamento	128
2.9. Análise estatística.....	129
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	130
3.1. Experimento I.....	130
3.2. Experimento II.....	152
3. CONCLUSÃO	164
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	165

RESUMO GERAL

A partir da importância econômica e social da cafeicultura para a região do triângulo mineiro o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar fontes, doses e épocas de aplicação de nutrientes no desenvolvimento vegetativo, na produtividade e na classificação dos grãos e na qualidade da bebida. No desenvolvimento dessa pesquisa foi utilizada lavoura de café, com doze anos de implantação, situada na Fazenda Canavial na região do Alto Paranaíba, a 891 metros de altitude, nas safras 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023. Foram realizados dois experimentos, sendo o Experimento I, avaliando fontes e doses de nutrientes e o Experimento II, avaliando fontes e épocas de aplicação. As três fontes de nutrientes utilizadas nos dois experimentos foram fertilizante convencional, fertilizante com polímero kincoat e fertilizante organomineral farelado. No Experimento I foram adotadas quatro doses, sendo 50, 70, 100 e 125% da dose recomendada, em esquema fatorial 3x4. Para o Experimento II, os parcelamentos utilizados nos tratamentos foram: aplicação única, duas aplicações e três aplicações, em esquema fatorial 3x3. Foram avaliados os efeitos no desenvolvimento da parte aérea, nos fatores de produção, como produtividade, uniformidade de maturação, classificação dos grãos e qualidade de bebida. O teste de normalidade dos resultados foi feito através do software R, bem como as análises de variância, teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de médias e análise de variância da regressão. As doses avaliadas apresentaram influência positiva sobre altura de plantas, diâmetro de plantas, crescimento de ramos e número de nós. Fontes com tecnologias associadas permitiram a redução da dose recomendada. Foi observado influência do aumento da dose no aumento da produtividade, também se observou que a fonte convencional, quando parcelada, pode promover aumento da produtividade. A uniformidade de maturação foi beneficiada com a adubação em três parcelas das fontes convencionais e organominerais. A pontuação de bebida apresentou melhores resultados à medida que houve o aumento de doses, com destaque para as fontes revestida e organomineral à 125%. A formação de grãos chatos graúdos, foi influenciada positivamente pelo aumento das doses, também se observou maior formação de grãos moca e de grãos no fundo do teste de peneiras para doses abaixo do recomendado. O parcelamento de fontes sem tecnologia de liberação lenta se torna essencial para o desenvolvimento da parte aérea da cultura, elevação da produtividade, uniformidade de maturação, qualidade de bebida e formação e enchimento de grãos. O uso de fonte com tecnologia associada, revestido e organomineral, se configura como alternativa para a redução de doses.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L.; nutrição de plantas; adubação organomineral; nutriente revestido.

ABSTRACT

Based on the economic and social importance of coffee growing for the Triângulo Mineiro region, the present work was developed with the objective of evaluating sources, doses and times of application of nutrients in vegetative development, yield and classification of beans and beverage quality. In the development of this research, a coffee plantation, with twelve years of implementation, located at the Sugarcane Farm in the Alto Paranaíba region, at an altitude of 891 meters, in the 2020/2021, 2021/2022 and 2022/2023 harvests, was used. Two experiments were carried out, Experiment I, evaluating sources and doses of nutrients, and Experiment II, evaluating sources and times of application. The three nutrient sources used in the two experiments were conventional fertilizer, kincoat polymer fertilizer and bran organomineral fertilizer. In Experiment I, four doses were adopted, 50, 70, 100 and 125% of the recommended dose, in a 3x4 factorial scheme. For Experiment II, the splits used in the treatments were: single application, two applications and three applications, in a 3x3 factorial scheme. The effects on the development of the aerial part, on production factors, such as productivity, uniformity of maturation, classification of grains and beverage quality, were evaluated. The normality test of the results was performed using the R software, as well as the analysis of variance, Tukey's test at 5% probability for comparison of means and analysis of variance of the regression. The evaluated doses showed a positive influence on plant height, plant diameter, branch growth and number of nodes. Sources with associated technologies allowed the reduction of the recommended dose. It was observed the influence of the increase in the dose on the increase in productivity, it was also observed that the conventional source, when divided The uniformity of maturation was benefited by fertilization in three plots of conventional and organomineral sources. The beverage score showed better results as there was an increase in doses, with emphasis on the coated and organomineral sources at 125%. The formation of large flat grains was positively influenced by the increase in doses, and there was also a greater formation of mocha grains and grains at the bottom of the sieve test for doses below the recommended doses. The splitting of sources without slow release technology becomes essential for the development of the aerial part of the crop, increased productivity, uniformity of maturation, beverage quality and grain formation and filling. The use of a source with associated technology, coated and organomineral, is an alternative for dose reduction.

Keywords: *Coffea arabica* L.; plant nutrition; organomineral fertilization; nutrient coated.

1. INTRODUÇÃO

O café possui papel importante no cenário de produtos exportados pelo Brasil. Com alto valor agregado, diversos países importam esse produto (Bianchi, 2022). Estima-se que 50,0 milhões de sacas serão exportadas pelo Brasil no ano de 2024, sendo os principais destinos desse produto, os Estados Unidos da América, Alemanha, Bélgica, Itália e Japão. A produção mundial para a safra 2024/25 está prevista para alcançar 176,2 milhões de sacas, enquanto no país pode alcançar 54,79 milhões de sacas. Neste cenário, o consumo de café tende a aumentar 1,8% no próximo ano, sendo o Brasil o segundo maior consumidor, atrás apenas dos Estados Unidos da América (CONAB, 2024).

Em Minas Gerais o café se tornou cultura de grande importância, tanto por fatores econômicos como por fatores sociais, gerando empregos, desenvolvimento e progressão social (Moreira et al., 2019). Com uma estimativa de produção para o ano de 2024 de 28,06 milhões de sacas, uma redução de 3,3% em comparação ao total colhido na safra anterior (CONAB, 2024).

Apesar da grande importância da cultura para a região, muitas vezes não é realizado manejo correto da adubação, fazendo com que a produtividade e qualidade fiquem aquém do esperado (Silva et al., 2020). A adubação mineral chegou ao Brasil justamente na cultura do Café, na região de Campinas por volta de 1895 (Ramos, 2020).

O adubo mineral convencional, contribuiu para o aumento da produtividade e ainda hoje é de extrema importância para a agricultura moderna, porém, muitas vezes perde nutrientes por fenômenos naturais como a volatilização e a lixiviação. A partir desse problema, tecnologias que reduzissem as perdas foram sendo estudadas e foram criados polímeros sintéticos que revestem os grânulos de adubos, protegendo-os da ação do ambiente e ao invés de perda, os nutrientes são disponibilizados para as plantas à medida que se desenvolvem (Ramos, 2020).

Outra tecnologia desenvolvida foi o adubo organomineral, combinação entre o adubo mineral e a matéria orgânica (esterco bovino, esterco de aves), que sob ponto de vista sustentável, permite contribuição, não só para as características químicas do solo, mas também para as características físicas (aeração, porosidade, permeabilidade, fluxo de água, ar e calor) e biológicas (atividade enzimática, ação de microrganismos benéficos) contribuindo assim com o desenvolvimento da planta e com a melhoria das propriedades do solo (Almeida, 2017). A presença da matéria

orgânica retarda a reação e conseqüentemente a disponibilização do nutriente para a planta, fornecendo macronutrientes como Nitrogênio, Fósforo e Enxofre e também micronutrientes que muitas vezes não estão disponíveis nas formulações convencionais (Kiehl, 2008).

Tecnologias associadas ao adubo mineral podem contribuir com o desenvolvimento da cultura do café, uma vez que proporciona liberação controlada como no caso do adubo revestido, consistindo em polímero que revolve o grânulo do fertilizante (Fernandes et al., 2009), isso permite que os nutrientes estejam mais disponíveis para a planta em momentos críticos do desenvolvimento, como a fase de floração e enchimento de grão, evitando a perda da florada e o grão chocho ou mal formado, o que prejudica e causa queda na produtividade e na qualidade de bebida (Laviola et al., 2006).

Estudos que comprovam a influência da adubação na fisiologia da planta e como isso afeta, não só a produtividade, mas também, a fitossanidade e a qualidade dos grãos e do produto final precisam ser realizados para embasar o manejo correto e a utilização das novas tecnologias de produção vegetal. Além disso, diversas tecnologias associadas que otimizam a absorção e reduzem as perdas de nutrientes são disponibilizadas no mercado, e carecem de estudos que orientem o produtor sobre qual tecnologia escolher, qual a dose adotar e em qual parcelamento, e seus efeitos não só na produtividade, mas no desenvolvimento da planta como um todo e no ambiente radicular (Santinato e Santinato, 2019).

O atendimento da demanda nutricional da cultura contribui não só com parâmetros quantitativos, mas também com parâmetros qualitativos. Uma vez que sua demanda nutricional é atendida, o cafeeiro acumula compostos químicos que contribuem para o aroma e o sabor da bebida do café (Martinez et al., 2014). Além disso o enchimento de grãos promove a formação de uma massa de grãos uniforme, evitando que grãos menores que os demais sejam torrados e prejudiquem a qualidade do produto final (Soares et al., 2019).

Diante do exposto, torna-se de suma importância a disseminação do conhecimento técnico desse manejo, bem como pesquisas que identifiquem as melhores formas de manejo da adubação, seja avaliando as doses, parcelamentos e fontes dos nutrientes então recomendados. Tendo conhecimento da variedade de solos e climas que o cafeeiro é cultivado e frente as novas demandas de consumidores inclusive relativas à sustentabilidade da produção, as práticas de manejo nutricional

precisam ser constantemente revistas e aprimoradas com novos conhecimentos, sem perder de vista a competitividade econômica. O manejo do fornecimento de nutrientes, seja através de fontes com tecnologias associadas ou através do uso de parcelamentos na adubação favorece o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da cultura.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar fontes de nutrientes, épocas e doses de fertilizantes no manejo da cultura do café arábica e seu impacto no desenvolvimento vegetativo, reprodutivo e qualidade da bebida.

2.2. Objetivos Específicos

Avaliar a resposta de fontes de fertilizantes, doses, épocas de aplicação para altura de plantas, diâmetro, desenvolvimento de ramos plagiotrópicos.

Avaliar a influência de fontes, doses e épocas de aplicação de nutrientes na produtividade e uniformidade de maturação dos grãos,

Avaliar a classificação física de grãos e qualidade de bebida das cultivares estudadas, frente aos tratamentos adotados.

Avaliar a possibilidade de redução de doses de fertilizantes revestidos ou organominerais comparados com fertilizantes convencionais, com o intuito de identificar possíveis alterações no manejo nutricional.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Importância da cafeicultura

Para o Brasil a cafeicultura desempenhou importante papel no processo de consolidação tanto da economia agrícola como na agricultura de exportação. Foi graças a essa cultura que no início do século XIX o cultivo do café possibilitou o início da industrialização do estado de São Paulo e o desenvolvimento tecnológico na produção do estado de Minas Gerais (Simões e Pelegrini, 2010).

A expansão da produção de café na década de 60 em Minas Gerais se deu pelo plano de renovação e revigoramento dos cafezais, promovido pelo Instituto Brasileiro de Café (IBC), os anos seguintes foram favoráveis para o crescimento do estado mineiro, uma vez que as fortes geadas prejudicaram bastante a produção dos

estados de São Paulo e Paraná. A partir da década de 70 com a revolução verde, a correção do solo e adaptação de novas espécies tornou possível a incorporação de áreas de Cerrado no estado de Minas Gerais como áreas produtoras. E com a migração de famílias produtoras do estado do Paraná para a região do Alto Paranaíba em Minas Gerais a cultura do café começou a ser difundida na região. Fatores estes que contribuíram para que a partir dessa década o estado mineiro obtivesse médias de produtividade maiores que as nacionais (Simões e Pelegrini, 2010).

Apesar do grande crescimento da cafeicultura no estado, ainda há grande número de produtores que dispõem de tecnologias defasadas em todo o processo produtivo e durante a colheita que é o processo mais oneroso dentro da produção cafeeira. A exemplo dessa tecnologia defasada pode ser mencionado a ausência de sistemas de irrigação, cultivos pouco mecanizados ou não mecanizados e colheitas não mecanizadas (CONAB, 2017).

Com pequena margem de lucro associada a elevação no preço dos fertilizantes, muitos produtores da região mineira começaram a buscar alternativas para suprir a demanda de nutrientes da cultura, utilizando adubos orgânicos e restos culturais. Porém ocorre falta de conhecimento dos produtores tanto no que diz respeito a utilização adequada destas fontes de nutrientes como no controle de doenças e pragas da cultura, somando a isso o fato de deficiente assistência técnica a estes produtores por parte do Estado (CONAB, 2017).

Estudos desenvolvidos pela CONAB (2017), para a redução dos custos de produção do café, um dos temas mais almejados para pesquisas pelo corpo técnico e pelos produtores de todas as mesorregiões produtoras mineiras são aqueles referentes a nutrição do cafeeiro, como por exemplo a demanda de micronutrientes de acordo com as variedades, microrganismos que favorecem a disponibilização de nutrientes e a melhoria da eficiência de absorção de nutrientes, adubação e técnicas de adubação orgânica, melhoria da qualidade de fertilizantes, eficiência na adubação foliar, utilização de cama de frango, mecanismos de proteção e utilização de fósforo e plano de sustentabilidade para utilização de fertilizantes orgânicos.

Entre as causas da oscilação da produção é possível citar a bienalidade do cafeeiro, característica que a planta tem de emitir grande florada em um ano e florada menos intensa no ano seguinte (CONAB, 2022). Rena e Maestri (1985) definiram a bienalidade como característica fisiológica da planta que caracteriza a destinação de reservas nutricionais para desenvolvimento vegetativo em um ano, enquanto no ano

seguinte as reservas são destinadas a estruturas reprodutivas (flores e grãos). Em outras palavras é possível dizer também que a cultura do café leva dois anos para completar o ciclo da frutificação.

A depreciação do produto final pode ocorrer tanto pelo tanino presente nos grãos verdes, como pela variação de umidade presente nos estágios de maturação que requer diferentes tratamentos no pós-colheita. Uma forma de reduzir o problema na colheita plena é fazer a operação quando houver o menor número de grãos verdes, não devendo ultrapassar 30% (Ferreira et al., 2017).

3.2. Nutrientes na cafeicultura

Em sua fase vegetativa, o nutriente mais exigido pelo cafeeiro é o nitrogênio, isso ocorre devido a esse nutriente ser constituinte de proteínas, aminoácidos, clorofila, vitaminas e carboidratos e das bases nitrogenadas, compostos químicos que contêm nitrogênio e que fazem parte da estrutura do DNA e do RNA (Santos, 2013).

Durante a fase produtiva o nitrogênio se torna o segundo mais exigido dando lugar ao potássio. Na planta de café a absorção do N ocorre em maior escala na forma de nitrato e em menor escala na forma de amônia (NH_4). No solo, o N pode estar presente em sua forma orgânica na matéria orgânica do solo, e na forma amoniacal fixada nos coloides minerais das argilas e íons e de nitrato e amônia que compõem o N inorgânico. Sua absorção se dá pelo fluxo de massa, em que a solução do solo carrega os íons de N para as raízes. Com a absorção, o gradiente de tensão de água se encarrega de mover a solução para a superfície das raízes. Então a quantidade de N absorvida pelas raízes é proporcional ao volume de água absorvida e a concentração do N na mesma (Santinato e Santinato, 2019).

O fertilizante nitrogenado que mais foi utilizado na agricultura brasileira é a ureia, pelo fato de ser um fertilizante com elevada concentração de N e menores valores por ponto de N. Porém, a ureia é o fertilizante nitrogenado que possui maiores índices de perdas, principalmente pelo processo denominado volatilização de amônia (NH_3), sendo a NH_3 um gás extremamente volátil (Ramos, 2020)

A volatilização de NH_3 a partir da aplicação da ureia é regida por alguns fatores, dentre os principais o pH do solo e atividade da enzima urease (hidrólise enzimática). Em condições de pH ácido a forma química predominante no solo é o amônio (NH_4^+), por outro lado, em pH alcalino a forma química dominante é a NH_3 . No momento em que a ureia é aplicada ao solo ela passa pelo processo denominado hidrólise enzimática,

ação da enzima urease, liberando o N na forma amoniacal na solução do solo. O processo de hidrólise enzimática é rápido, liberando CO_2 , H_2O e NH_4^+ , sendo que o NH_4^+ pode ser convertido em NH_3 dependendo das condições do meio (Rochette et al., 2009).

Estudos evidenciaram que há forte correlação entre a redução na volatilização do Nitrogênio e a presença de matéria orgânica no solo, como apresentado por Benites et al. (2010), utilizaram resíduos da suinocultura e da avicultura aplicados juntamente ao fertilizante mineral e mostraram capacidade de diminuir a perda de amônia, fato este que ainda pode ser associado à redução na emissão de gases do efeito estufa evidenciando a sustentabilidade dessa prática.

Embora o cafeeiro tenha baixa exigência de P, esse nutriente é de grande importância para a cultura, pois promove a síntese de aminoácidos e lipídeos. Estudos em solo do Cerrado, sem fornecimento de P adequado, apresentaram perdas de 83% na produtividade. O Fósforo, móvel no cafeeiro, atua no desenvolvimento de raízes e na fase de granação dos frutos, juntamente com o N e o K. A lixiviação desse nutriente é praticamente nula, as suas perdas ocorrem por fixação, que tende a ser maior em solos argilosos (Santinato e Santinato, 2019).

A planta de café absorve o fósforo na forma de íon ortofosfato primário (H_2PO_4), também pode ocorrer a absorção em menor proporção do íon ortofosfato secundário (H_3PO_4). A absorção se dá pelo processo de difusão, passando das áreas de maior concentração para aquelas de menor concentração, percorrendo dessa forma, os pequenos espaços (Santinato e Santinato; 2019).

A Adsorção do fósforo no solo representa a principal perda desse nutriente deixando o indisponível para as plantas. A capacidade de adsorção dos solos está diretamente ligada ao seu grau de intemperismo, fator que faz com que os Latossolos (Motta et al., 2002), altamente intemperizados, requeiram grandes quantidades de adubação fosfatada (Bahia Filho et al., 1983). A adsorção do fósforo, também chamada de fixação ou dreno ocorre em virtude de substâncias que tentem a se ligar com esse nutriente, sendo elas a apatita, os óxidos de Ferro e Alumínio. Dessa forma o P fica indisponível e não é absorvido pelas plantas (Motta et al., 2002).

A matéria orgânica utilizada em conjunto com o fertilizante mineral pode ainda contribuir com a disponibilidade de P, uma vez que há naturalmente na matéria orgânica grande quantidade de ânions que potencialmente irão competir pelos sítios de adsorção de P, muito comuns em latossolos, contribuindo com a disponibilidade

desse nutriente para as plantas (Benites et al., 2010). O mesmo foi verificado por Bahia Filho et al. (1983) em que apresentaram a relação do teor de carbono indicando a participação positiva da matéria orgânica na adsorção de fosfato. Uma vez que os ânions da matéria orgânica, ligam-se aos cátions de Ferro e Alumínio.

Durante a fase produtiva o potássio passa a ser o nutriente mais exigido pela planta no lugar do nitrogênio. Sua forma de absorção é o íon K, ocorrendo pelo processo de difusão e interceptação radicular (Santinato e Santinato; 2019). O Potássio é um ativador enzimático, responsável pela ativação de mais de 50 enzimas. Na fotossíntese, atua na transformação de energia luminosa em química, então utilizada na formação de fotossimilados como sacarose e malato, moléculas que auxiliam na manutenção de turgescência das células do estômato (Fagan et al., 2022).

O potássio (K) é um nutriente que possui grande mobilidade no solo, principalmente em Latossolos (Alfaro et al., 2004; Basso e Kiang, 2017). A lixiviação de K^+ pode ser potencializada pelas características e propriedades típicas dos latossolos, como por exemplo, a baixa capacidade de troca catiônica (CTC), baixo teor de matéria orgânica e a elevada acidez (Ker, 1997). A carga elétrica e o raio iônico hidratado, são as propriedades que regem a energia/força de atração dos íons pelos colóides do solo.

A ordem de preferência de atração é denominada de série liotrópica, $Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+ > Na^+$, o K^+ por ter baixa energia de retenção pode ser perdido por lixiviação (Raij, 1981). Os teores de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) também afetam de forma negativa no processo de lixiviação de íons de K^+ em latossolos de condições tropicais (Rosolem et al., 2010). Adicionalmente, o volume de precipitação potencializa o processo de lixiviação, pois, quanto maior o volume de chuva maior será o volume da solução drenada (Salcedo et al., 1988), desta forma, o K^+ é levado para camada mais profundas do solo saindo do alcance das raízes das plantas (Rosolem et al., 2010).

3.3. Fertilizantes minerais e tecnologias associadas

Sendo o tipo mais comercializado, os fertilizantes minerais representam grande fatia do mercado, esses adubos são compostos por macro e micronutrientes que são classificados de acordo com a quantidade exigida, sendo de maior exigência e menor exigência, respectivamente. Os nutrientes classificados como macro são nitrogênio, fósforo, cálcio, potássio, enxofre e magnésio, já os micronutrientes são compostos

pelo cobre, manganês, ferro, molibdênio, sódio, zinco, boro, silício, cloro, cobalto e níquel (Bai et al., 2006; Dias e Fernandes, 2006).

Os fertilizantes minerais podem ser classificados de acordo com a matéria prima utilizada para sua confecção. Exemplo deste são os fertilizantes nitrogenados que tem como nutriente principal o nitrogênio, este pode estar em diferentes formas, como, os amoniacais, nítricos, nítrico-amoniacais e os amídicos. Outro exemplo, são os fertilizantes fosfatados que são originados de rochas fosfáticas, os mais conhecidos são o superfosfato simples e triplo (SFS e SFT), o fosfato monoamônio (MAP) e o fosfato diamônio (DAP) sendo diferenciados entre si pela composição e concentração de fosfato presente (Messias et al., 2008).

Juntamente com o nitrogênio e o fósforo o potássio faz parte dos elementos essenciais na nutrição de plantas, sendo assim temos então os adubos potássicos, que ocorrem de forma generalizada na natureza. Os fertilizantes mais conhecidos desse grupo são, cloreto de potássio, sulfato de potássio, sulfato duplo de potássio e magnésio e nitrato de potássio que diferenciam entre si pela concentração de K_2O (Ramos, 2020).

Fernandes et al. (2009), inferiram que os custos de adubação representam uma crescente dentro da cultura cafeeira, logo, ocorre a necessidade de otimização da eficiência de uso dos fertilizantes aplicados, visando melhor aproveitamento pelas plantas e menores perdas por processos naturais. Com a finalidade de diminuir tais perdas, existem tecnologias no mercado como fertilizantes revestidos com polímeros e organominerais, que prometem reduzir as perdas (Rochette et al., 2009).

Os fertilizantes nitrogenados e potássicos com tecnologias de liberação lenta e controlados são por definição fertilizantes com capacidade de retardar e/ou estender a liberação do nutriente para a solução do solo. As tecnologias podem ser substâncias orgânicas/inorgânicas ou resinas sintéticas de baixa solubilidade em água (Trenkel, 2010). Os estabilizados, utilizados em fertilizantes nitrogenados, são aqueles revestidos pelo inibidor da atividade da enzima urease NBPT (N-(n-butil) tiofosfórico triamida) (Trenkel, 1997).

Por fim, os fertilizantes organominerais são aqueles derivados da mistura física de fertilizantes minerais e orgânicos, possuem reatividade menor que os fertilizantes minerais, fazendo com que a solubilização seja gradativa e que consequentemente as reações de perda sejam retardadas e o nutriente permaneça no solo por mais tempo (Kiehl, 2008). Além do N e K, o P também requer manejo criterioso e eficiente na

cultura do café, devido a sua baixa disponibilidade natural em solos de Cerrado, que em geral são pouco férteis pela forte ação do intemperismo, o conjunto desses fatores, resulta em elevada fixação de P no solo, reduzindo a disponibilidade de P às plantas. Assim como a ureia, o MAP revestido com polímero é uma tecnologia que visa otimizar o uso do P, pois promete reduzir a precipitação, adsorção e fixação desse nutriente no solo. O MAP revestido por polímeros possui 10% de N e 52% de P_2O_5 (Agostinho et al., 2010).

As tecnologias podem ser, polímeros de liberação controlada ou gradual, polímeros com alta densidade de cargas negativas ou a incorporação de composto orgânico aos fertilizantes minerais (organofosfatados ou organominerais). O uso do polímero como revestimento tem por finalidade reduzir as perdas de P no solo e elevar a sua disponibilidade na solução do solo para posterior absorção das plantas (Silva al., 2012; Doydora et al., 2017).

3.4. Fertilizantes organominerais

Os fertilizantes de caráter orgânico são originados através de resíduos animal e/ou vegetal, atuam elevando a fertilidade e a atividade biológica do solo que recebe esse tratamento. Inúmeros são os produtos utilizados para esse tipo de fertilizantes, sendo os principais e mais conhecidos o esterco bovino, camas de aviário e restos culturais. No esterco bovino os principais nutrientes juntamente com os teores em média g kg⁻¹ encontrado são: 19,3 de N; 5,6 de P; 19,9 de K; 10,9 de Ca e 4,4 de Mg (Kiehl, 2008).

A cama de frango que é muito utilizada como fonte de matéria orgânica em fertilizantes organominerais, pode vir a suprir a demanda do N na cultura do café (Costa et al., 2009). Outro fator que eleva também a importância do organomineral, é o fornecimento do S presente na matéria orgânica, nutriente este que muitas vezes não está presente em formulações de fertilizantes convencionais (Santinato e Santinato, 2019).

De acordo com a Instrução Normativa Nº 23 de 31 de agosto de 2005, fertilizantes organominerais são aqueles derivados da combinação física de fertilizantes minerais e orgânicos. A matéria orgânica presente nos organominerais tem a capacidade de atuar como condicionador de solo e fonte de micronutrientes, atuando ainda como ativador da parte da microbiota do solo, que promovem a gradativa liberação de nutrientes. Blum et al. (2003) apresentaram que a matéria

orgânica presente nesse tipo de fertilizante pode melhorar as propriedades físicas do solo, influenciando diretamente na capacidade de retenção de água e reduzindo o potencial erosivo.

Com o passar dos anos a produção de fertilizantes organominerais cresce cada vez mais. Esse tipo de fertilizante tem como benefício a redução significativa nas perdas de nitrogênio juntamente com a redução da emissão dos gases de efeito estufa, tendo ganhos ambientais em comparação com fertilizantes do tipo “*in natura*” (ABISOLO, 2010).

Infinitos são os processos para a obtenção de fertilizantes organominerais, sendo o processo mais comum o tratamento biológico que consiste na compostagem de dejetos provenientes de animais, ricos em nitrogênio, somados a algum material lignocelulósico com elevada taxa de relação C/N. Outros processos podem envolver a secagem e redução do tamanho da partícula do material (Benites et al., 2010). Em virtude da sua composição os fertilizantes organominerais tem a capacidade de além de melhorar a capacidade química do solo, contribuir para a manutenção e desenvolvimento de suas propriedades físicas, uma vez que podem elevar a capacidade da retenção de água, promover a redução da densidade aparente do solo e o aumento da porosidade total, formar agregados capazes de reduzir a erosão e aumentar a capacidade de absorção do solo, e aumentar a capacidade de troca catiônica pela ação de micelas húmicas coloidais e com atividade superior as argilas (Malaquias e Santos, 2017).

Para Santinato e Santinato (2019), a matéria orgânica tem a capacidade de otimizar a aplicação, promovendo a decomposição e mineralização gradativa de nutrientes como nitrogênio, fósforo e enxofre. Outra forma que a matéria orgânica contribui para a disponibilidade do fósforo é bloqueando os sítios de fixação com os radicais orgânicos, evitando que o fósforo seja fixado pelos óxidos de alumínio e ferro. Essa matéria orgânica favorece ainda o desenvolvimento da população de microbactérias, promovendo assim o aumento da atividade microbiana no solo. Todas essas características evitam que os nutrientes sejam lixiviados ou insolubilizados. Uma vez que os fertilizantes organominerais favorecem a disponibilidade dos nutrientes no solo, eles contribuem ainda para a sustentabilidade econômica e ambiental da agricultura pois reduzem a necessidade do uso do adubo químico (Malaquias e Santos, 2017).

3.5. Parcelamento da adubação no desenvolvimento da planta e na produtividade

O parcelamento da adubação é uma forma de evitar a perda de nutrientes por lixiviação nos casos de nitrogênio e potássio, e de fixação no caso do fósforo. As doses de nitrogênio e potássio devem ser parceladas em três a quatro vezes, durante o período chuvoso (Ribeiro et al., 1999). Essa prática se apresenta como forma de manejo nutricional, que fornece o nutriente para a planta de forma espaçada para que essa tenha condição de absorver-lo à medida em que se desenvolve, prática essa que pode contribuir com o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da cultura do café (Arantes et al., 2009). O parcelamento das aplicações de fertilizantes químicos lixiviáveis é uma prática recomendada e recorrente com o intuito de reduzir as perdas e deixar o nutriente para a planta durante o ciclo de desenvolvimento (Cervellini et al., 1986).

Santinato e Santinato (2019) apresentam a importância do parcelamento do N, atendendo as diferentes demandas da planta e evitando que em sua fase produtiva, ocorra translocação do nutriente da folha para o enchimento do fruto, fato que ocasiona o depauperamento da planta de café e consequente queda de produção nos anos subsequentes. O parcelamento da adubação em lavouras de sequeiro deve sempre analisar a umidade do solo, afim de evitar queimaduras no sistema radicular da planta, podendo ser dividida em três ou quatro operações.

Em solos arenosos a perda do potássio por lixiviação é mais considerável, recomenda-se o parcelamento, principalmente em culturas de sequeiro, no mínimo duas vezes, sendo o ideal em três. Doses muito elevadas, além de queimar as raízes, estão mais susceptíveis a perdas (Matiello et al., 2020).

3.6. Influência da adubação no desenvolvimento vegetativo

O desenvolvimento foliar do cafeeiro, assim como em diversas culturas é extremamente importante para sua produtividade. Candido et al. (2013) verificaram maiores valores de diâmetros do caule, número de ramos plagiotrópicos, área foliar e matéria seca total com a utilização de fertilizantes organominerais. Os autores atribuem esse ganho ao melhor fornecimento de nutrientes às plantas, advindas da matéria orgânica.

Processos comuns na planta, como fotossíntese, crescimento vegetativo e produção são altamente dependentes do Nitrogênio e que este esteja disponível para

essas plantas no momento oportuno, ou seja, a sua disponibilidade deve ocorrer em momentos que a planta tenha capacidade de absorver e aproveitá-lo em compostos como aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, hormônios e clorofila (Berté et al., 2010).

O fertilizante organomineral quando comparado a fertilizantes convencionais promoveu maior crescimento em altura e diâmetro, além do número de ramos laterais emitidos pelas plantas, esse fenômeno pode ser justificado pela liberação lenta dos nutrientes (Almeida, 2017). O fertilizante revestido, quando comparado ao convencional, apresentou maior incremento de matéria seca total, proporcionando ganhos de até 50% (Figueiredo et al., 2012). Tomaszewska et al. (2002) atribuem a maior eficiência da fonte proveniente dos grânulos protegidos por polímeros, que ao absorver água, solubilizam os nutrientes e liberam gradativamente para o ambiente radicular o qual é absorvido pela planta à medida que ocorre a necessidade.

Características de crescimento primário, como altura de plantas, e características como de crescimento secundário, como o diâmetro do caule, se mostraram beneficiados pela adubação organomineral. No caso de características secundárias, o crescimento só ocorre quando a quantidade de fotoassimilados acumulada nos tecidos é maior que a quantidade necessária para ser utilizada na respiração da planta (Almeida, 2017).

Kiehl (2008) afirmou que o organomineral é capaz de promover o melhor balanço nutricional nos tecidos, melhor transporte de assimilados, água e nutrientes no caule, sua fração orgânica promove lenta mineralização dos nutrientes que permanecendo mais tempo na rizosfera, podem beneficiar características de crescimento (altura, diâmetro de caule e emissão de ramos laterais). Em contrapartida os adubos minerais são muito solúveis, isso faz com que permaneçam pouco tempo na rizosfera.

3.7. Influência da adubação no desenvolvimento reprodutivo

Estudos realizados por Fernandes et al. (2009), utilizando o nitrogênio protegido por polímero apresentaram ganhos de produtividade, uma vez que essa tecnologia de liberação lenta evita a necessidade da segunda aplicação, reduzindo custos e processos. Estes estudos apresentam ainda a possibilidade de redução da dose a ser aplicada em virtude da maior capacidade de assimilação do nutriente pela planta.

Maiores produtividades foram encontradas também, analisando o fosfato monoamônico protegido comparando o com o convencional. Figueiredo et al. (2012), apresentaram ganhos de produtividade na cultura do milho de até 41%, atribuindo a possibilidade desses resultados à liberação lenta do fósforo para sua absorção à medida que a cultura se desenvolve. Nos fertilizantes com ureia revestida, as maiores produtividades encontradas com o uso da tecnologia, ocorre em virtude da liberação controlada do nutriente promovida pelo polímero, à medida que a planta necessita (Costa et al., 2015).

Costa et al. (2015) avaliando diferentes fontes de nutriente na cultura do café para uma dose de 300 kg ha⁻¹, e seus efeitos sobre a produtividade encontraram maiores valores no volume de café beneficiado para a ureia revestida e para organominerais, chegando a 41 sc ha⁻¹ enquanto a fonte convencional apresentou 36 sc ha⁻¹. Esse fenômeno pode ser explicado pela baixa volatilização de N desses fertilizantes quando comparados aos convencionais. Em fertilizantes organominerais o contato do nutriente direto com o solo é impedido pela matéria orgânica devido a insolubilidade em água, é isso que impede a perda por fixação e lixiviação. Em contrapartida, é a ação dos microrganismos que promove a liberação desses nutrientes de forma gradativa e controlada, para que seja absorvida pela planta (Almeida, 2017).

Um dos grandes limitantes na produtividade e qualidade da bebida é a floração do café, que ocorre mais de uma vez em diferentes dias, como consequência a maturação dos grãos acontece de forma desuniforme. A colheita plena, comumente realizada no Brasil, consiste em colher todos os grãos em única operação, independente do estágio de maturação, necessitando de separação dos grãos verdes e passas dos grãos cerejas posteriormente, para que não haja depreciação do produto final (Fernandes, 2021).

Além dos fatores pós-colheita que podem diretamente afetar a qualidade do produto final, há fatores que influenciam essa qualidade mesmo antes da colheita dos frutos, causando defeitos nos grãos ou impedindo seu complemento desenvolvimento, como incidência de doenças, desuniformidade de maturação e também a nutrição da planta (Moreira, 2020). A disponibilidade de nutriente no solo, auxilia na formação e maturação de grãos, extraindo a quantidade adequada de nutrientes, formando grãos de maior qualidade e bebida com melhores classificações (Martins et al, 2005).

O café pode apresentar defeitos em seus grãos podendo ser extrínsecos, como por exemplo o café coco, marinheiro, casca, paus e pedras, ou seja, materiais estranhos à massa de grãos. Os defeitos intrínsecos são aqueles grãos pretos, verdes e ardidos (PVA) considerados os piores defeitos do café por reduzirem drasticamente a qualidade do produto final em seus aspectos, como: cor, torração, bebida. A redução de grãos classificados como PVA deve ser priorizada para aumento da qualidade da bebida. Outros defeitos intrínsecos do café são: grãos chochos, mal granados, quebrados e brocados. As causas podem ser genéticas, fisiológica ou ainda grãos mal formados devido ao manejo ineficiente, seja da adubação, de pragas e doenças, erros na colheita e nos processos de beneficiamento (Brasil, 2003).

O uso da adubação como meio de elevar a qualidade do grão colhido, principalmente quando o assunto é N e K, fundamentais para a granação do café. Quando desbalanceados podem gerar problemas na produção aumentando a incidência de doenças e prejudicando a formação e o enchimento do grão. Para isso, é importante a adubação em níveis adequados e o acompanhamento da disponibilidade de nutriente na planta através da análise foliar (Mesquita, 2016; Matiello et al., 2020).

Para Martins et al. (2005) o fornecimento de N e K em doses crescentes apresentou aumento na peneira do grão em anos de safra baixa. Em anos de safra alta, devido à demanda, o autor verificou redução na classificação das peneiras, ressaltando novamente a importância do acompanhamento e suprimento nutricional da planta, durante essa fase pode ocorrer até mesmo a extração de K das folhas.

Estudos realizados por Villela (2002), avaliou os efeitos do manejo da cultura sob a classificação dos grãos, observaram que essa variável tem influência sobre a bebida, podendo em virtude da classificação, fornecer produto de maior qualidade e valor agregado. A qualidade da bebida está diretamente ligada à classificação do grão, auxiliando no processo de torração, mais controlada e uniforme. Essa classificação é feita com base na retenção dos grãos em peneiras específicas, determinando dessa forma a classificação do fruto em polegadas, podendo ainda ter crivos redondos e alongados.

Diferentes doses de adubação têm efeito significativo sob às classificações dos grãos de café, essa classificação é de extrema importância para a qualidade sensorial da bebida e também no preço pago pelo produto. Dessa forma, o café retido em peneira alta é mais desejado pelos produtores. O autor Leão (2018) verificou ainda

que para cada aumento da dose recomendada houve progressivamente acréscimo no percentual de grãos moca. Ressaltando a importância da adubação adequada no cultivo. O suprimento dos teores adequados de Nitrogênio e Potássio retarda e uniformiza a maturação, reduzindo também a quantidade de grãos moca médio.

Laviola et al. (2006) analisaram o comportamento de diferentes cultivares de café Arábica (Catuaí, Rubi, Icatu e Acaiá), sob aplicações de níveis baixos, adequados e altos de adubação, sendo respectivamente 40%, 100% e 140% da dose recomendada. Constatando maior retenção nas peneiras altas (18 e 22) quando utilizada a adubação adequada. Os autores verificaram também que as menores porcentagens de grãos mocas foram verificadas para os tratamentos com baixos níveis de adubação enquanto os maiores níveis de grãos mocas foram encontrados em adubação altas. Leão (2018), afirmou que plantas bem nutridas tendem a ter melhor granação, devido a possuírem maiores reservas de nutrientes, produzindo grãos maiores e mais bem formados.

Diferentes fontes e doses de potássio podem interferir diretamente tanto na produtividade, como na qualidade física do grão. Isso se deve à disponibilidade de potássio em momentos críticos como a formação e enchimento do grão. Para o autor a importância de manter a planta bem nutrida, uma vez que durante a fase de crescimento e enchimento do grão é demandado grande atividade fotossintética. Assim em maiores dosagens o K apresentou aumento na qualidade do fruto (Moreira, 2020).

3.8. Influência da adubação na qualidade da bebida

A qualidade do café pode ser compreendida como o conjunto das características sensoriais da bebida ou dos grãos que impactam o valor comercial desse produto. Considerando a qualidade sob perspectiva comercial, atributos relacionados à cor, ao tipo e a prova de xícara, além das características físico-químicas dos grãos, são considerados para caracterizar a qualidade do café (Malavolta, 2006; Oliveira et al., 2013). Entre as características químicas dos grãos de café que estão associadas a qualidade de bebida, destacam-se o teor de açúcares, trigonelina, cafeína, compostos fenólicos, polifenoloxidase, além do índice de coloração dos grãos, da acidez e do pH, da condutividade elétrica, da capacidade de lixiviação de K e do teor de lipídeos, dentre outros (Martinez et al., 2014).

A bebida do café é classificada pela prova da xícara definindo aroma e sabor. Os cafés do grupo I, arábica poderão pertencer aos subgrupos de bebidas finas: estritamente mole, quando possui de forma acentuada aroma e sabor mole; A classificação mole por sua vez possui aroma e sabor agradável, brando e adocicado; apenas mole com sabor doce e suave e por fim a bebida dura, com sabor acre, adstringente e áspero. Ainda no Grupo I a classificação de bebida do café arábica pode ser fenicada, abaixo das bebidas finas. Com os subgrupos riado, leve sabor, típico de iodofórmio, rio, com sabor acentuado de iodofórmio e rio zona, sendo até mesmo repugnante ao paladar. No Grupo II, robusta apresenta quatro subgrupos, excelente: sabor neutro e acidez mediana; boa: sabor neutro e ligeira acidez; regular: sem acidez e anormal: não apresenta sabor característico ao produto (Brasil, 2003).

É bastante comum, devido a fatores climáticos e práticas culturais, que a planta de café emita mais de uma florada. Isso provoca diferentes estágios de maturação durante a etapa da colheita podendo encontrar frutos chumbinho, verde, verde cana, cereja, boia e passa. Tal desuniformidade de maturação provoca queda na qualidade da bebida em virtude da alta adstringência presente nos grãos verdes. É válido lembrar que as práticas culturais têm forte impacto sobre a qualidade do café (CONAB, 2022).

Fernandes et al. (2007) analisaram diferentes fontes de nutrientes na cultura do café e sua influência sobre a qualidade da bebida, encontrando qualidade superior para os grãos provenientes da adubação organomineral. Montemurro (2009), relata a melhora na composição química do café e conseqüentemente alterações no sabor, em conseqüência de fontes de nutrientes que otimizasse a disponibilidade do nutriente para a planta. O manejo da adubação pode influenciar fortemente a qualidade da bebida do café, pois interfere diretamente no estado nutricional da planta e também constituintes físicos, fisicoquímicos e químicos (teores de nutrientes presentes no grão e na polpa do café) que afetam o desempenho da bebida (Laviola et al., 2006; Martinez, 2014).

Influência da dose utilizada na qualidade do produto final, também foi observada por Silva et al. (2002). Avaliando fontes (cloreto de potássio (KCl), sulfato de potássio (K₂ SO₄) e nitrato de potássio (KNO₃)) e doses de potássio (0, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹) inferiu maior qualidade na bebida a medida que se aumentou o fornecimento de K. A qualidade da bebida deve estar diretamente relacionada aos constituintes químicos, proteínas e enzimas que são capazes de conferir sabor e

aroma a bebida. Essas variáveis são dependentes dentre outros fatores do manejo adotado na cultura, como técnicas e tecnologias de adubação, nutrição da planta (Silva et al., 1999).

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABISOLO. **Plano Nacional de Biomassa**. In: 44ª Reunião da Câmara Temática de Insumos Agropecuários – MAPA. Palestra técnica, Brasília, 2010.

AGOSTINHO, F. B.; BORGES, A.S.; REZENDE, W. S.; SILVA, A. A.; LANA, R. M. Q. L. Efeito do uso de MAP revestido com polímeros de liberação gradual em atributos de solo e produtividade de matéria seca no milho. In: Congresso nacional de milho e sorgo, **Anais...** Goiânia: ABMS, 2010.

ALFARO, M. A.; JARVIS, S. C.; GREGORY, P. J. Factors affecting potassium leaching in different soils. **Soil Use Management**, n.20, p.182-189, 2004.

ALMEIDA, M. J. **Reposição deficitária de água e adubação com organomineral no crescimento e produção de tomateiro industrial**. 2017. 71 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação no Cerrado) -Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Ceres, 2017.

ARANTES, K.R.; FARIA, M.A.; REZENDE, F.C. Recuperação do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) após recepa, submetido a diferentes lâminas de água e parcelamentos da adubação. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, PR. v. 31, n. 2, p. 313-319, 2009.

BAHIA FILHO, A. F. C.; BRAGA, J. M.; RESENDE, M.; RIBEIRO, A. C. Relação entre adsorção de fósforo e componentes mineralógicos da fração argila de Latossolos do Planalto Central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.7, p. 221-226, 1983.

BAI, C.; REILLY, C., WOOD, B.W. Nickel deficiency disrupts metabolism of ureides, amino acids, and organic acids of young pecan foliage. *Plant Physiol.* v.140, n.2, p.433-443, 2006.

BASSO, J. B.; KIANG, C. H. Retardamento e dispersão hidrodinâmica de cobre, potássio e cloreto em solos residuais do subgrupo Itararé no Estado de São Paulo. **Águas Subterrâneas**, v. 31, n.1, p. 117-133, 2017.

BENITES, V. M.; 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: XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, XIII Reunião Brasileira Sobre Micorrizas, XI Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo, VIII Reunião Brasileira de Biologia do Solo, **Anais...** Guarapari: FertBio, 2010.

BERTÉ, L. N.; CASTAGNARA, D. D.; BULEGON, L. G.; KUHL, J. A.; ENINGER, E. M.; SANTOS, L. B.; NERES, M. A. Associação da adubação química e orgânica na produção de milho para silagem no Oeste do Paraná. In: 28ª Congresso Nacional de Milho e Sorgo, **Anais...** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010.

BIANCHI, I. R. **A pandemia do covid-19 e o comércio exterior brasileiro: Impactos na exportação de café**. 2022. 43 f. Monografia (Bacharelado em Administração) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Guarapari, 2022.

BLUM, L.E.B.; AMARANTE, C.V.T.; GÜTTLER, G.; MACEDO, A. F.; KOTHE, D.; SIMMLER, A.; PRADO, G.; GUIMARÃES, L. Produção de moranga e pepino em solo com incorporação de cama aviária e casca de pinus. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.4, p.627-631, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 8, de 11 de junho de 2003. **Regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado grão cru**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 13 jun. 2003. Seção 1, p. 22-29.

CANDIDO, A. D. O.; TOMAZ, M. A.; SOUZA, A. L.; AMARAL, J. F. T.; RANGEL, O. J. P. Fertilizantes organominerais no desenvolvimento inicial do cafeeiro arábica. In: VIII Simpósio de Pesquisas dos Cafés do Brasil. **Anais...** Salvador: Simpósio dos Cafés do Brasil, 2013.

CERVELLINI, G.S.; TOLEDO, S.V. de; REIS, A.J. & ROCHA, T.R. Nitrogênio na adubação química do cafeeiro: doses e parcelamento do Nitrocálcio. **Bragantia**, Campinas, 45(1):45-55, 1986.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. A cultura do café: Análise dos custos de produção e da rentabilidade nos anos-safra 2008 a 2017. **Compêndio de Estudos Conab**, v.12, 2017.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: café. **Observatório Agrícola**, v.9, n.1, 2022.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: café. **Observatório Agrícola**, v.11, n.3, 2024.

COSTA, A. M.; BORGES, E. N.; SILVA, A. A.; NOLLA, A.; GUIMARÃES, E. C. Potencial de recuperação física de um Latossolo Vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p.1991-1998, 2009.

COSTA, J. C.; BRAZ, C. H.; SOUZA, C. H. E.; PINHEIRO, D. P. A.; BORBA, M. G.; REIS, M. C. Avaliação da produtividade do cafeeiro (Mundo Novo) em produção em função da aplicação de fertilizantes nitrogenados. In: XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...** Natal: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2015.

DAROLT, M. R. **As dimensões da sustentabilidade: um estudo da agricultura orgânica na região metropolitana de Curitiba**. 2000. 310f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

DIAS, V. P.; FERNANDES, E. Fertilizantes: uma visão global sintética. **BNDES Setorial**, n.24, p.97-138, 2006.

DOYDORA, S.; HESTERBERG, D.; KLYSUBUN, W. Phosphate solubilization from poorly crystalline iron and aluminum hydroxides by AVAIL copolymer. **Soil Science Society of America Journal**, v.81, n.1, p.20-28, 2017.

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 de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.2, p.159-166, 2007.

FERNANDES, A. L. T.; CARVALHO, A. C. S.; BRITO, D. M.; BECKER, G.; SAI, E. N.; FRAGA JÚNIOR, E. F. Comparação da utilização de nitrato de amônio e uréia polimerizada na produtividade e maturação do cafeeiro irrigado. In: VI Simpósio de Pesquisas dos Cafés do Brasil. **Anais...** Vitória: Simpósio de Pesquisas dos Cafés do Brasil, 2009.

FERNANDES, M. I. dos S. **Parâmetros produtivos e de qualidade de cultivares de cafeeiros na região do Alto Paranaíba, Minas Gerais**. 2021. 34f. Trabalho de conclusão de curso (Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia. Monte Carmelo, 2021.

FERREIRA, W. M. P.; JÚNIOR, J. I. R.; DIAS, C. R. G.; OLIVEIRA, K. R.; GOMES, J. V.; SOUZA, C. F. Requisitos para credibilidade da análise sensorial do café. **Revista de Ciências Agrárias**, v.1, n.41, p.257-269, 2017.

FIGUEIREDO, C. C.; BARBOSA, D. V.; OLIVEIRA, S. A.; FAGIOLI, M.; SATO, J. H. Adubo fosfatado revestido com polímero e calagem na produção e parâmetros morfológicos de milho. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.3, p.446-452, 2012.

KER, J. C. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Genomos**, v.5, n.1, p.17-40, 1997.

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

LAVIOLA, B. G.; MAURI, A. L.; MARTINEZ, H. E. P.; ARAÚJO, E. F.; NEVES, Y. P. Influência da adubação na formação de grãos mocas e no tamanho de grãos de café (*coffea arabica* L.). **Coffee Science**, v.1, n.1, p.36-42, 2006.

LEÃO, T. V. M. **Qualidade física de grãos de café sob níveis de adubação via fertirrigação**. 2018. 24f. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2018.

MALAQUIAS, C. A. A.; SANTOS, A. J. M. Adubação organomineral e NPK na cultura do milho (*Zea mays* L.). **Pubvet: Medicina Veterinária e Zootecnia**. Goiás, v.11, n.5, p. 501-512, 2017.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Academic Press, 2012.

MARTINEZ, H. E. P.; CLEMENTE, J. M.; LACERDA, J. S.; NEVES, Y. P.; PEDROSA, A. W. Nutrição mineral do cafeeiro e qualidade da bebida. **Revista Ceres**, v.61, p.838-848, 2014.

MARTINS, D. R.; CAMARGO, O. A.; BATACLIA, O. C.; Qualidade do grão e da bebida de cafeeiros tratados com lodo de esgoto. **Bragantia**, v.64, n.1, p.115-126, 2005.

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; ALMEIDA, S.R.; GARCIA, A.W.R. **Cultura de café no Brasil**. Manual de Recomendações. 10 ed. Varginha: Fundação Procafé, 2020. 716p.

MESQUITA, Carlos Magno de et al. **Manual do café: manejo de cafezais em produção**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016. 72 p. il.

MESSIAS, A. S.; SILVA, D. J.; FREIRE, F. J.; SILVA, M. C. L. Recomendações de adubação. In: CAVALCANTI, F. J. A. (coord.). **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco**: 2a. aproximação. 3. ed. Recife: Instituto Agrônômico de Pernambuco, 2008. p.89-103.

MOREIRA, D. T. **Efeito do manejo de fontes de potássio na produtividade do cafeeiro e na qualidade da bebida**. 2020. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agrônômico, Campinas, 2020.

MONTEMURRO, F. Different Nitrogen Fertilization Sources, Soil Tillage, and Crop Rotations in Winter Wheat: Effect on Yield, Quality, and Nitrogen Utilization. **Journal of Plant Nutrition**, v.32, n.1, p.1-18, 2009.

MOTTA, P. E. F.; CURTI, N.; SIQUEIRA, J. O.; VAN RAIJ, B.; FURTINI NETO, A. E.; LIMA, J. M. Adsorção e formas de fósforo em latossolos: influência da mineralogia e histórico de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, n.2, p.349–59, 2002.

OLIVEIRA, P. D.; BORÉM, F. M.; ISQUIERDO, E. P.; GIOMO, G. D. S.; LIMA, R. R. D.; CARDOSO, R. A. Aspectos fisiológicos de grãos de café, processados e secados de diferentes métodos, associados à qualidade sensorial. **Coffee Science**, v. 8, n. 2, p. 203- 211, 2013.

RAIJ, V. B. **Fertilidade do solo e adubação**. 2 ed. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfata, Instituto Internacional da Potassa, 1981.

RAMOS, M. P. **Estudo da cadeia produtiva de fertilizantes no Brasil**. 2020. 49 f. Monografia (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, v.11, n.126, p.26-40, 1985.

ROCHETTE, P.; MACDONALD, J. D.; ANGERS, D. A.; CHANTIGNY, M. H.; GASSER, M. O.; BERTRAND, N. Banding of urea increased ammonia volatilization in a dry acidic soil. **Journal of Environmental Quality**, v.38, p.1383-1390, 2009.

ROSOLEM, C. A.; SGARIBOLDI, T.; GARCIA, R. A.; CALONEGO, J. C. Potassium leaching as affected by soil texture and residual fertilization in tropical soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.41, p.1934-1943, 2010.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais** - 5ª Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

SALCEDO, I. H.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CARNEIRO, C. J. G. Dinâmica de nutrientes em cana-de-açúcar. IV. Perdas de N por lixiviação em cana-planta fertilizada com ureia-15N. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, n.7, p.725-732, 1988.

SANTINATO, R.; SANTINATO, F. **Composição Química do Cafeeiro**: extração e exportação de nutrientes. São Paulo: Instituto Biológico, 2019. 214p.

SANTOS, T. B. dos, Avaliação Transcricional de genes envolvidos no transporte e assimilação de nitrogênio em Coffea arábica L. **Tese** (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2013. 110 f.: il.

SILVA, E. D. B.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G.; CHAGAS, S. J. R.; COSTA, L. Fontes e doses de potássio na produção e qualidade do grão de café beneficiado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.335-345, 1999.

SILVA, E. D. B.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G. Qualidade de grãos de café beneficiados em resposta à adubação potássica. **Scientia Agricola**, v.59, n.1, p.173-179, 2002.

SILVA, A. A.; SILVA, T. S.; VASCONCELOS, A. C. P.; LANA, R. M. Q. Influência da aplicação de diferentes fontes de MAP revestido com polímeros de liberação gradual na cultura do milho. **Bioscience Journal**, v.28, p.240-250, 2012.

SILVA, F.J.; ASSIS, G.A.; CARVALHO, F.J.; VIEIRA, S.V.; SANTOS, L.C. Adubação nitrogenada e potássica e sua relação com a incidência de cercosporiose e ferrugem em cafeeiro fertirrigado. **Ciência Agrícola**, v. 18, n. 3, p. 29-35, 2020.

SIMÕES, J.C.; PELEGRINI, D. F. **Diagnóstico da cafeicultura mineira** – regiões tradicionais: Sul/Sudoeste de Minas, Zona da Mata, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba/. Belo Horizonte: EPAMIG, 2010. 56p.

SOARES, W.L.; SILVA, T.M.; FRANCO JUNIOR, K.S.; BRIGANTE, G.P. Qualidade do café arábica por diferentes granulometrias. **Ciência Agrícola**, v.17, n.1, p.31-35, 2019.

SÓRIO, A.; PALHARES, C.; BRAGA, F.; LIMA JÚNIOR, G.; PRESTES, L.; RASI, L.; MARIANI, M. Reposicionamento estratégico das indústrias processadoras de café do Brasil: propostas para sistematização de políticas públicas e estratégias de negócio. **Passo Fundo: Méritos**, 2015. 222p.

TOMASZEWSKA, M.; JAROSIEWICZ, A.; KARAKULSKI, K. Physical and chemical characteristics of polymer coatings in CRF formulation. **Desalination**, v.146, n.1-3, p.319-323, 2002.

TRENKEL, M, E. **Improving fertilizer use efficiency**: controlled-release and stabilized fertilizers in agriculture. Paris: International Fertilizer Industry Association, 1997. 156p.

TRENKEL, M. E. **Slow and controlled-release and stabilized fertilizers: An option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture.** Paris: International Fertilizer Industry Association, 2010.

VILLELA, T. C. **Qualidade do café despulpado, desmucilado, descascado e natural, durante o processo de secagem.** 2002. 69f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

CAPÍTULO 1 – FONTES, DOSES E PARCELAMENTOS DE NUTRIENTES NO DESENVOLVIMENTO DA PARTE AÉREA DO CAFEIEIRO

RESUMO

Para nutrição adequada do cafeeiro, é necessário observar as necessidades, diante das características do solo e da lavoura. Com o uso de áreas do Cerrado, torna necessário a adoção de corretivos e fertilizantes para o atendimento da demanda de nutrientes da cultura, contribuindo com a melhoria das condições físicas e químicas desse solo. Objetivou-se avaliar a resposta de fontes, doses e parcelamentos no crescimento da altura, do diâmetro e de ramos plagiotrópicos de plantas, bem como no número de folhas e de nós. O estudo foi desenvolvido na lavoura de café do Centro Universitário de Patos de Minas, do Campus Experimental Canavial. Foram desenvolvidos dois experimentos, em que cada parcela do tratamento foi constituída de 16 plantas totais, sendo 10 plantas centrais consideradas úteis para as análises, em quatro repetições. Em uma lavoura com 12 anos de implantação, foram realizados os dois experimentos. No Experimento I utilizou-se a cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, sob esquema do experimento fatorial 3 x 4, sendo as três fontes de nutrientes (mineral convencional, mineral com polímero e organomineral farelado) e as quatro doses (50, 75, 100 e 125% da dose recomendada) de N e K. O Experimento II foi realizado na cultivar Tupí IAC 1669-33, em esquema fatorial 3x3, sendo três fontes de fertilizante (mineral convencional, mineral com polímero e fertilizante organomineral farelado) e três parcelamentos da adubação (aplicação única, duas e três aplicações). Iniciado na safra 2020/2021, os tratamentos foram repetidos na safra 2021/2022 e 2022/2023. As adubações foram realizadas em superfície sob projeção da copa. No Experimento I as variáveis altura, diâmetro, crescimento de ramos e número de nós foram influenciados pelas doses avaliadas, observando-se que a medida que se aumentaram as doses, houve maior desenvolvimento destes parâmetros vegetativos, enquanto o contrário também se confirmou, uma vez que doses abaixo do recomendado (50 e 75%), mostraram desempenhos inferiores para os mesmos parâmetros avaliados, também se observou que nas safras iniciais houve pouca expressão dos resultados para os tratamentos utilizados, enquanto na safra 22/23 houveram maiores diferenciações entre os tratamentos. O Experimento II apresentou resultados semelhantes entre as diferentes fontes adotadas, mostrando que os fertilizantes revestidos e organomineral, em 70% da dose recomendada, obtiveram a mesma eficiência que fontes convencionais à 100% da recomendação. O parcelamento também não apresentou diferença significativa. O presente trabalho permite concluir que o aumento de doses apresenta influência positiva sobre os parâmetros de crescimento: altura de plantas, diâmetro de plantas, crescimento de ramos e número de nós. Observa-se também a possibilidade de redução de doses para fontes com tecnologia associada (revestida e organomineral).

Palavras-chave: *Coffea arabica*; adubação; do cafeeiro; altura de plantas; manejo nutricional.

ABSTRACT

For adequate nutrition of the coffee tree, it is necessary to observe the needs, given the characteristics of the soil and the crop. With the use of Cerrado areas, it makes it necessary to adopt correctives and fertilizers to meet the crop's nutrient demand, contributing to the improvement of the physical and chemical conditions of this soil. The objective of this study was to evaluate the response of sources, doses and splits on the growth of height, diameter and plagiotropic branches of plants, as well as on the number of leaves and nodes. The study was developed in the coffee plantation of the University Center of Patos de Minas, of the Experimental Campus Canavial. Two experiments were carried out, in which each plot of the treatment consisted of 16 total plants, 10 of which were central plants considered useful for the analyses, in four replications. In a crop with 12 years of implantation, the two experiments were carried out. In Experiment I, the cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 was used, under the scheme of the 3 x 4 factorial experiment, with the three sources of nutrients (conventional mineral, mineral with polymer and bran organomineral) and the four doses (50, 75, 100 and 125% of the recommended dose) of N and K. Experiment II was carried out on the cultivar Tupí IAC 1669-33, in a 3x3 factorial scheme, with three sources of fertilizer (conventional mineral, mineral with polymer and bran organomineral fertilizer) and three fertilizer splits (single application, two and three applications). Started in the 2020/2021 harvest, the treatments were repeated in the 2021/2022 and 2022/2023 harvests. Fertilization was carried out on a surface under canopy projection. In Experiment I, the variables height, diameter, branch growth and number of nodes were influenced by the doses evaluated, observing that as the doses were increased, there was a greater development of these vegetative parameters, while the opposite was also confirmed, since doses below the recommended (50 and 75%) showed inferior performance for the same parameters evaluated. It was also observed that in the initial harvests there was little expression of the results for the treatments used, while in the 22/23 harvest there were greater differentiations between the treatments. Experiment II presented similar results among the different sources adopted, showing that coated and organomineral fertilizers, at 70% of the recommended dose, obtained the same efficiency as conventional sources at 100% of the recommendation. The installment payment also did not show a significant difference. The present work allows us to conclude that the increase in doses has a positive influence on the growth parameters: plant height, plant diameter, branch growth and number of nodes. It is also possible to reduce doses for sources with associated technology (coated and organomineral).

Keywords: *Coffea arabica*; fertilization; the coffee tree; plant height; nutritional management.

1. INTRODUÇÃO

O uso de áreas do Cerrado, com solos majoritariamente pobres em nutrientes para a agricultura, torna necessário a adoção de corretivos e fertilizantes para que seja possível não só o atendimento da demanda da cultura, mas também, para contribuir com a melhoria das condições químicas do solo (Ribeiro et al., 1999). Para a nutrição adequada do cafeeiro, de forma que a cultura se torne rentável economicamente, é importante observar as necessidades, diante das características do solo e das plantas. Na indicação dessa adubação deve-se ainda determinar o modo, a época, as doses adequadas para aumentar a eficiência e reduzir os custos na execução (Garçon, 2024).

Quando o cafeeiro está em fase de desenvolvimento vegetativo, o principal macronutriente extraído pela planta é o nitrogênio. O N é necessário para a síntese de clorofila e uma vez que é parte constituinte dessa molécula está diretamente ligado à fotossíntese e ao aproveitamento da radiação (Franco e Neto, 2007). Essencial para o crescimento e desenvolvimento do cafeeiro, o N está presente em grandes quantidades nos órgãos vegetativos e reprodutivos. A falta de N e clorofila pode prejudicar a absorção de outros nutrientes (Fagan et al., 2022)

Uma das principais fontes de N utilizadas pelos produtores é a ureia, caracterizada pelo seu formato de grãos, apresentando o nitrogênio na forma amídica (NH_2). O fornecimento de N para as plantas através da ureia é prática comum na cultura cafeeira, tendo em vista a acessibilidade do produto e de sua maior concentração de N (46%) quando comparada a outras fontes (Franco e Neto, 2007). Para reduzir as perdas de N, é comumente utilizada a Ureia revestida com polímero (kimcoat®) também conhecida como ureia revestida, uma vez que o polímero protege o N da ação do meio e consequentemente sua volatilização (Fernandes et al., 2009). O sintoma de deficiência de N é caracterizado por clorose que começa nas folhas mais velhas (Faquin, 2005).

Outros nutrientes também são importantes para o desenvolvimento da parte aérea das plantas, como é o caso do potássio (K) que atua na síntese de carboidratos nas folhas e seu transporte para os frutos e outros órgãos. Sua deficiência é caracterizada por clorose, e depois necrose nas margens e ápice das folhas mais velhas do cafeeiro. A coloração das folhas passa de amarelada para amarronzada, a desfolha é rápida e os ramos se tornam secos (Matiello et al., 2020).

Uma forma de melhorar as propriedades químicas e físicas do solo, é utilizando os fertilizantes organominerais advindos da combinação de adubos minerais convencionais com dejetos de animais. Sendo a matéria orgânica presente, capaz de reduzir a reatividade dos nutrientes no solo e proporcionando liberação mais lenta e controlada desses nutrientes, consequentemente reduzindo também as perdas desses nutrientes (Mumbach, 2017). Segundo Smith et al. (2015) a matéria orgânica presente nos fertilizantes organominerais apresenta a capacidade de melhorar a qualidade do solo, como a estabilidade da estrutura, trabalhabilidade e retenção de água.

A utilização de fertilizantes com uma parcela de matéria orgânica em sua composição, pode contribuir com a elevação de macronutrientes primários como N, P, K (Mumbach, 2017), secundários como por exemplo o enxofre, que muitas vezes não é encontrado facilmente em formulações convencionais (Matiello et al., 2020), cálcio e magnésio (Ceretta et al., 2003). O aumento dos níveis de matéria orgânica junto à adubação, tem a capacidade de reduzir a adsorção do P no solo, isso ocorre uma vez que a matéria orgânica tem a capacidade de, quando mineralizada, liberar ácidos húmicos e ácidos orgânicos, capazes de bloquear os sítios de adsorção com Al, Fe e Ca reduzindo a indisponibilização de P para as plantas (Souza et al., 2006).

Outra forma de reduzir a perda de nutrientes é o parcelamento da adubação, essa prática substitui o fornecimento de toda a adubação em dose única, pela sua divisão em duas ou mais entradas na lavoura (Magiero et al., 2017). Assim, o próprio nutriente é fornecido à planta de forma espaçada, possibilitando seu aproveitamento e absorção à medida em que ocorre a necessidade na planta. Outro ponto que tem sido observado por diversos autores (Mera, 2009; Fernandes et al., 2013a) é a possibilidade de redução de doses em virtude do melhor aproveitamento de nutrientes proporcionado pelas tecnologias associadas aos adubos e ao processo de adubação, promovendo, quando bem executado, sustentabilidade econômica e ambiental.

A exigência nutricional para o desenvolvimento vegetativo do cafeeiro apresenta o nitrogênio como aquele macronutriente de maior demanda pela planta, seguido pelo potássio, cálcio, magnésio, fósforo e enxofre, nesta ordem. Para produtividade de 60 sc ha⁻¹ a recomendação de nitrogênio pode chegar a 440 kg/ha, de fósforo a 35 kg/ha e de potássio a 460 kg/ha (Santinato e Santinato; 2019).

Com diferentes tecnologias de adubação disponíveis no mercado, ocorre a necessidade de trabalhos acadêmicos que avaliem as diferentes fontes de nutrientes,

a dose adequada para essas tecnologias e como elas afetam o desenvolvimento vegetativo de plantas de café, como a altura, o diâmetro da copa, o desenvolvimento dos ramos e números de folhas e nós, fatores que contribuem diretamente com o potencial produtivo da planta e consequentemente com a produtividade da lavoura (Magiero, 2017).

Neste trabalho, objetivou-se avaliar a resposta de fontes de fertilizantes, doses, épocas de aplicação no desenvolvimento vegetativo da cultura do cafeeiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição da área experimental

Para o desenvolvimento deste estudo foi utilizada a lavoura de café do Centro Universitário de Patos de Minas, do Campus Experimental Canavial localizada nas coordenadas 18°36'34"S 46°29'16"W e altitude de 891 m, com total de 1,2 ha. De acordo com a classificação proposta por Köppen e Geiger (1928) o clima presente no local é tropical, com inverno mais seco que o verão. Apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco). A temperatura média do mês mais frio é superior a 18 °C. A média de precipitação anual é de 1296 mm.

A lavoura apresenta espaçamento 2,7 m entrelinhas com distanciamento de 0,5 m entre plantas. Configurando sistema adensado de aproximadamente 7400 plantas por hectare em cultivo de sequeiro, implantado há 12 anos, a lavoura passou por um esqueletamento aos 6 anos, com o intuito de renovar os ramos.

No controle da disponibilidade de água, foram registrados rotineiramente os índices de pluviosidade por meio de pluviômetro instalado na área. Os dados de pluviosidade da área do estudo da safra 2020/2021 (Figura 1) apresentam também a demarcação das plantas para o experimento, a época de adubação e a coleta de amostras de desenvolvimento vegetativo. As precipitações apresentaram picos em outubro e dezembro, com 200,6 e 155 mm³ respectivamente, se acentuando novamente em fevereiro com 330,2 mm³, para a safra de 2020/2021. Observou-se na Figura 1 a execução das adubações referentes aos tratamentos nos meses de novembro, dezembro e janeiro, as marcações referentes as medições de desenvolvimento de parte aérea no mês de novembro e as coletas de dados do desenvolvimento de parte aérea no mês de maio.

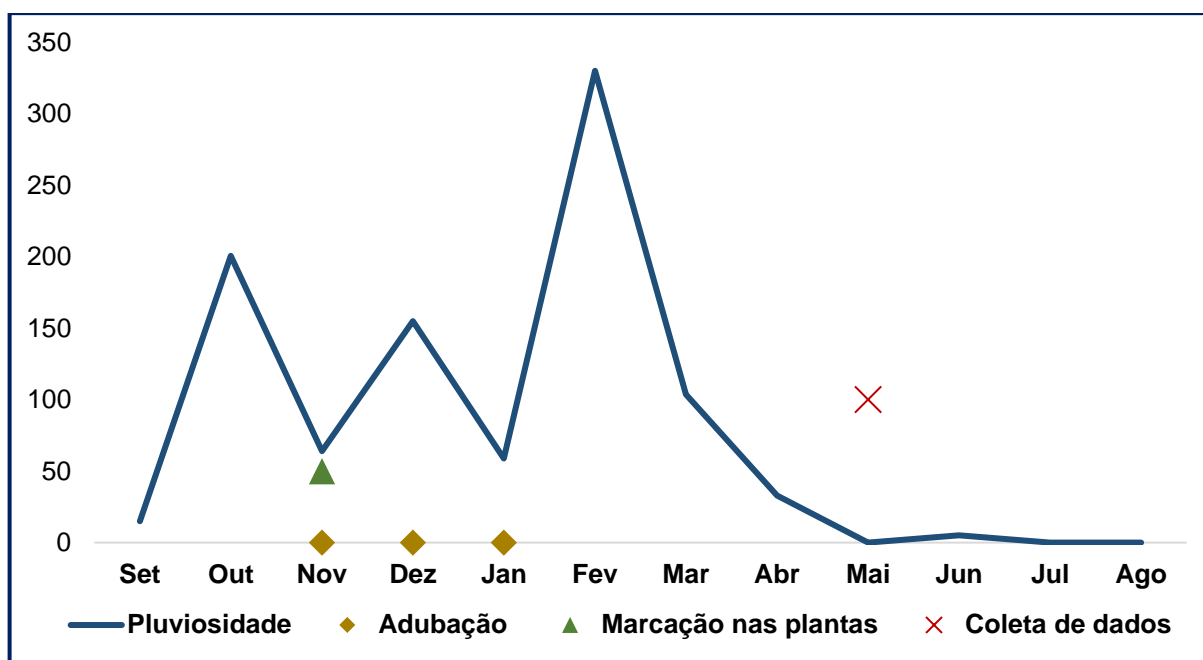


Figura 1. Dados de pluviosidade da área experimental durante a safra 2020/2021. Campus Experimental Canavial, Patos de Minas- MG, 2024.

Os dados de pluviosidade da área do estudo da safra 2021/2022 (Figura 2) observa-se que o período chuvoso se intensificou a partir de outubro, chegando a 429,4 mm³ no mês de janeiro, caindo posteriormente até o mês de março com 48,8 mm³ e tendo pequena elevação em abril, com 122,4 mm³. Na figura estão apresentadas as épocas de adubação, seguindo os meses de novembro, dezembro e janeiro, bem como a marcação das plantas para análise de desenvolvimento de parte aérea e a posterior coleta de dados no mês de maio.

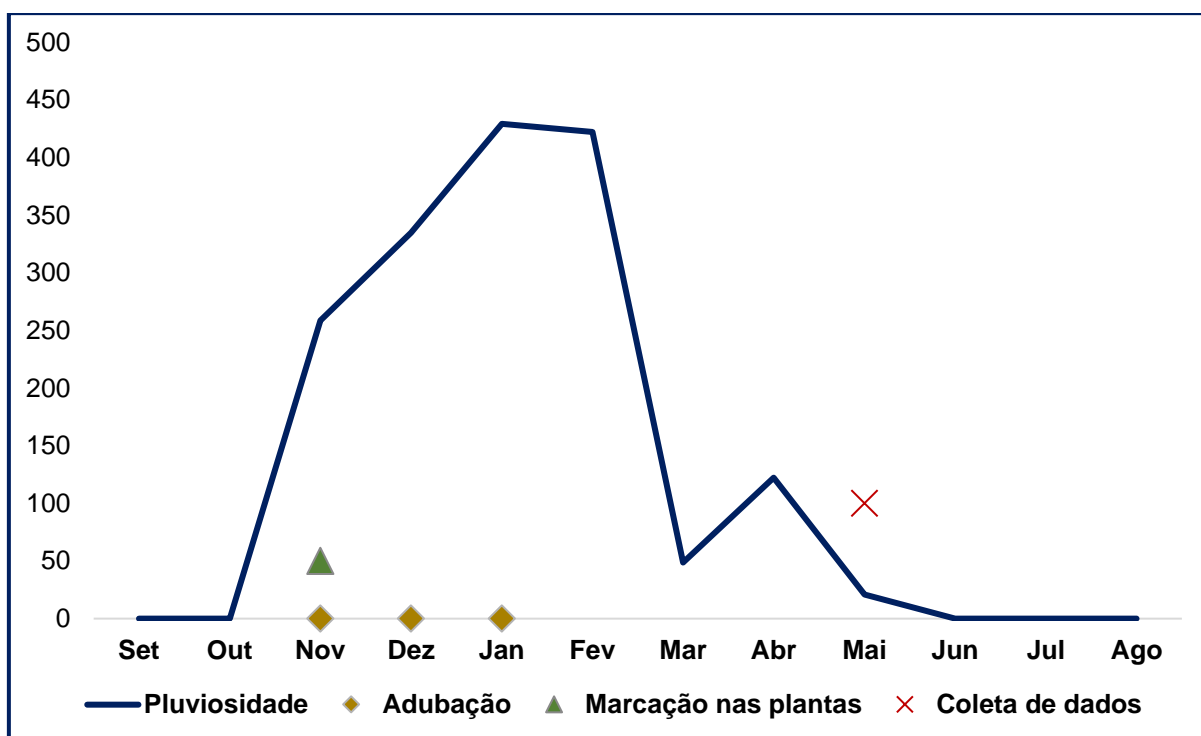


Figura 2. Dados de pluviosidade da área experimental durante a safra 2021/2022. Campus Experimental Canavial, Patos de Minas- MG, 2024.

Os dados de pluviosidade da área do estudo da safra 2022/2023 (Figura 3), apresentam a pluviosidade para a safra 2022/2023 na Fazenda Canavial, em que é possível observar o aumento crescente das chuvas com pico no mês de dezembro, atingindo 274 mm³, a partir daí houve redução das chuvas até o mês de fevereiro com 164 mm³. No mês de março houve aumento na precipitação para 179 mm³, reduzindo até a chegada dos meses de seca. A adubação, marcação das plantas e coleta dos dados seguiram as mesmas épocas dos anos anteriores.

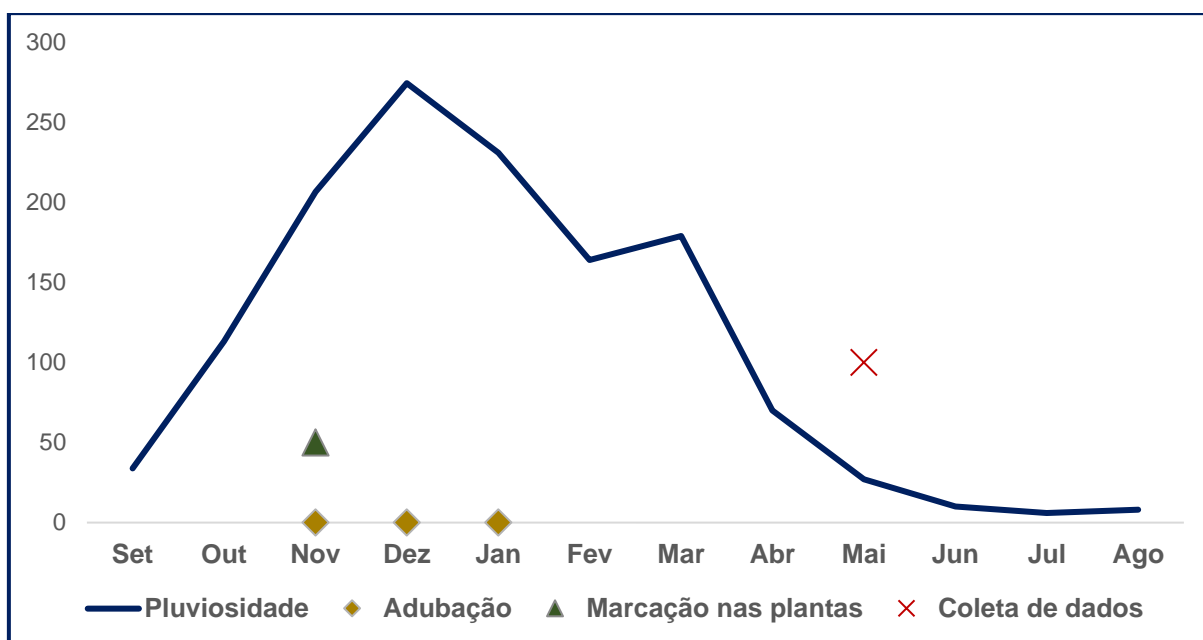


Figura 3. Dados de pluviosidade da área experimental durante a safra de 2022 a 2023. Campus Experimental Canavial, Patos de Minas- MG, Patos de Minas - MG, 2024.

O solo presente na área é o Latossolo, classificação dada aos solos de intemperismo avançado das regiões tropicais. O horizonte diagnóstico dos Latossolos é o horizonte B Latossólico (Bw). De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (Santos et al., 2018).

Antes da instalação do experimento foi realizada coleta de amostras de solo na profundidade de 0-20 cm para subsequente caracterização química feita na Central de Análise e Fertilidade do Solo (CEFERT), localizado no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), Patos de Minas-MG. O resultado da análise de solos realizadas nos locais dos dois experimentos foram organizados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado da análise de solo da área experimental antes da instalação do experimento (UnB, Brasília - DF, 2024).

Propriedades e características	Experimento I	Experimento II
Areia (g kg ⁻¹) ¹	278,00	278,00
Silte (g kg ⁻¹) ¹	352,00	352,00
Argila (g kg ⁻¹) ¹	370,00	369,00
pH _{H2O} ²	5,10	4,90
COT (dag kg ⁻¹) ³	1,86	1,86
MOS (dag kg ⁻¹) ³	3,21	3,27
P-Remanescente (mg L ⁻¹) ⁴	10,05	10,08
P-Mehlich ¹ (mg dm ⁻³) ⁵	89,24	76,01
K ⁺ (mg dm ⁻³) ⁵	128,00	173,00
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³) ⁶	3,19	1,56
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³) ⁶	0,87	0,64
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³) ⁶	0,15	0,20
H + Al (cmol _c dm ⁻³) ⁷	5,40	5,48
Soma de bases (cmol _c dm ⁻³)	4,39	2,64
t (cmol _c dm ⁻³)	4,54	4,54
T (cmol _c dm ⁻³)	9,78	8,75
V (%)	44,80	33,00
m (%)	3,31	19,0
B (mg dm ⁻³) ⁵	0,23	0,23
Cu (mg dm ⁻³) ⁵	20,60	20,62
Fe (mg dm ⁻³) ⁵	56,60	56,60
Mn (mg dm ⁻³) ⁵	68,40	68,40
Zn (mg dm ⁻³) ⁵	17,00	17,00
S (mg dm ⁻³) ⁸	30,87	30,90

¹Análise granulométrica pelo método da pipeta; ²Densidade do solo pelo método da proveta; ³Relação solo-água 1:2,5; ⁴Método Walkley-Black; ⁵Solução de CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ contendo 60 mg L⁻¹ de P; ⁶Mehlich¹: HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹; ⁷Solução de KCl 1 mol L⁻¹; ⁸Solução de C₄H₆CaO₄ a pH 7; ⁹Ca(H₂PO₄)₂H₂O em ácido acético.

2.2. Cultivar Catuaí vermelho IAC 144

Para o Experimento I foi utilizado a cultivar Catuaí IAC 144. Originado do cruzamento da cultivar Caturra Amarelo IAC 4756 com a linhagem de Mundo Novo IAC 374-19. Com porte baixo, frutos de coloração avermelhada apresentando maturação média a tardia. Com produtividade média de 25 a 35 sacas/ha para sequeiro, ótima qualidade de bebida, adaptável a maioria das regiões cafeeiras, tomando a cultivar mais plantada no Brasil apesar de apresentar susceptibilidade às principais pragas e doenças (Santinato et al., 2021).

A cultivar foi lançada para fins comerciais em 1972 pelo IAC e registrada no Registro Nacional de Cultivares em 1999 (RNC). Suscetíveis à ferrugem e aos nematoides, mas possuem elevado vigor, pode chegar a 2,4 m de altura e 2,1 m de diâmetro de copa. Possui internódios curtos e ramificação secundária abundante, com um sistema radicular bem desenvolvido. As folhas novas são de cor verde clara e as adultas verde escuro. A maturação dos frutos ocorre entre maio e junho (Consórcio Pesquisa Café, 2024).

2.3. Cultivar Tupi IAC 1669-33

Para o Experimento II foi utilizado a cultivar Tupi IAC 1669-33. Essa cultivar foi o resultado do cruzamento de Villa Sarchi CIFC 971/10 com Híbrido de Timor CIFC, com porte baixo e frutos que alcançam a maturação em tempo médio, com coloração vermelho escuro. Seu diferencial é a coloração bronzeada das brotações novas, apresentando resistência a ferrugem (Santinato et al., 2021).

A cultivar foi oficialmente lançada em 2000, seu registro no RNC ocorreu em 1999. Os frutos grandes, vermelhos e de formato arredondado. Indicada para plantios adensados, superadensados ou em renque, muito utilizada pela cafeicultura familiar (Consórcio Pesquisa Café, 2024).

2.4. Práticas culturais

Antes da instalação do experimento todas as cultivares receberam o tratamento recomendado para a cultura do café, seguindo as recomendações propostas por Santinato e Santinato (2019) e Matiello et al. (2020). Com base na análise de solo, foi feita aplicação em área total de boro, utilizando 40 kg ha⁻¹ de ulexita, mais cálcio e magnésio e correção de pH aplicando 1,5 ton ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 85%) na linha, com o objetivo de corrigir as deficiências nutricionais do solo apresentadas na análise.

A relação de aplicações de defensivos, princípio ativo, dose e previsão da aplicação seguiu o modelo já adotado na propriedade. Foi realizada a primeira aplicação contendo fungicida e inseticida. A segunda aplicação com inseticida, visando a prevenção da broca do café. Por fim, a terceira aplicação foi feita com fungicidas, inseticidas e cobre. Tal prevenção se torna necessária, pois uma vez que a broca penetra o fruto o inseticida não mais o controla. O cobre se faz necessário para cicatrizar as estruturas danificadas. As aplicações se mantiveram nos anos

subsequentes visando prevenção e controle das principais doenças e pragas com histórico de ocorrência na área (Tabela 02) (Matiello, et al., 2020).

O controle de plantas daninhas foi realizado com a capina manual, associado à aplicação de herbicidas pré e pós-emergentes. Antes da colheita, utilizou-se o implemento trincha acoplado ao trator para facilitar a colheita dos grãos do chão (catação e varrição). Para o controle da ferrugem e cercosporiose foi utilizado a aplicação do fungicida de forma preventiva, adotando os princípios ativos dos grupos Estrobilurina, Triazol, Piraclostrobina e carboxamida, kocide dwg (hidróxido de cobre) (Mesquita, 2016; Matiello et al., 2020).

O bicho mineiro, praga com maior histórico de incidência na área, teve seu controle realizado via foliar, com as aplicações intercaladas de inseticidas do grupo Antranilamida, Neonicotinóides, e também inseticida sistêmico com ação de contato e ingestão dos grupos químicos Metilcarbamato de oxima + Benzoilureia, e Avermectina, este último também atuando no controle da Broca do cafeeiro. Para o controle da Broca do cafeeiro, também foi realizado o manejo cultural, adotando a catação e retirada dos grãos da lavoura após a colheita (Matiello et al., 2020).

Nos anos que se seguiram ao primeiro ano de implantação do experimento as aplicações foram sendo realizadas de forma preventiva e conforme incidência de doenças e pragas na área do experimento.

Tabela 02. Cronograma de aplicação de defensivos agrícolas contendo princípio ativo, dose/ha, e data aproximada de aplicação. UnB, Brasília - DF, 2024.

Aplicação		Princípio Ativo	Dose/ha	Aplicação	Data
1ª Entrada	Inseticida	Clorrantraniliprole	0,09 lt	Pós Florada	Novembro
	Fungicida	Tebuconazol e a	1 lt		
	Fungicida	Trifloxistrobina:	2 kg		
	Adjuvante	---	0,15 lt		
2ª Entrada	Inseticida	Clorrantraniliprole + Abamectina	1 lt	Preventivo	Dezembro
	Fungicida	Fluxapiroxade e o	0,5 lt		
	Fungicida	Piraclostrobina	2 kg		
	Adjuvante	---	0,15 lt		
3ª Entrada	Inseticida	Tiametoxam	2 Kg	Preventivo	Janeiro
	Fungicida	Epoxiconazol +	1,5 lt		
	Fungicida	Piraclostrobina	2 kg		
	Adjuvante	---	0,15 lt		
4ª Entrada	Inseticida	Clorrantraniliprole + Abamectina	1 lt	Preventivo	Fevereiro
	Fungicida	Fluxapiroxade e o	0,5 lt		
	Fungicida	Piraclostrobina	2 kg		
	Adjuvante	---	0,15 lt		
5ª Entrada	Inseticida	Metomil+Novalurom	0,5 lt	Preventivo	Março
	Fungicida	Epoxiconazol +	1,5 lt		
	Fungicida	Piraclostrobina	2 kg		
	Adjuvante	---	0,15 lt		
6ª Entrada	Inseticida	Metomil+Novalurom	0,5 lt	Pós Colheita	Abril
	Fungicida	Fluxapiroxade e o	0,5 lt		
	Fungicida	Piraclostrobina	2 kg		
	Adjuvante	---	0,15 lt		

Todos os anos após a colheita, foi realizada a desbrota das plantas retirando dessa forma os brotos ladrões, em seguida foi feita a limpeza das entrelinhas. Após a desbrota foi realizada a quarta aplicação com cobre para promover a cicatrização das estruturas da planta possivelmente danificadas durante a colheita. As recomendações de adubação foram realizadas com base na interpretação da análise do solo (Tabela 1) e tomando como base o proposto por Santinato e Santinato (2019) para uma produtividade de 60 scs ha⁻¹, e seguidas nas três safras do experimento (2020/2021;

2021/2022 e 2022/2023). Os resultados da análise foliar da cultura do café são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Teores de NPK da análise foliar da área experimental de café Catuaí Vermelho IAC 144 e Tupi IAC 1669-33 antes da implantação do experimento (UnB, Brasília - DF, 2024).

Nutriente	N	P	K
Teor do nutriente nas folhas (g kg ⁻¹) Exp. I	2,81	1,42	2,27
Teor do nutriente nas folhas (g kg ⁻¹) Exp. II	2,80	1,30	1,29

N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio

2.5. Implantação do experimento

O experimento foi iniciado no segundo semestre de 2020. As parcelas foram marcadas seguindo as linhas de cultivo no sentido Noroeste-Sudeste, em virtude das curvas de nível e declividade do terreno. Na primeira safra, 2020/2021, o experimento foi implantado no mês de novembro, havendo também adubações nos meses de dezembro e janeiro. Os tratamentos foram repetidos nas safras 2021/2022 e 2022/2023. As fontes de nutrientes que foram utilizadas como tratamentos foram: mineral convencional, revestido e organomineral farelado, com a descrição da formulação NPK e dose (Tabela 4).

Tabela 4. Formulação dos fertilizantes utilizados nos experimentos, com sua respectiva dose em (kg ha⁻¹), teor de nutrientes e preço para adubação de um hectare. UnB, Brasília - DF, 2024

Tratamento	Fertilizante	Dose (kg ha ⁻¹)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Preço ha ⁻¹
Mineral convencional	20-02-20	2.000	400	40	400	4.466,00
Mineral revestido	16-02-16	2.500	400	50	400	5.527,50
Organomineral farelado	14-02-14	2.857	400	50	400	7.342,49

N = nitrogênio; P₂O₅ = fosfato; K₂O = óxido de potássio

As fontes de nutrientes utilizadas como tratamentos foram compostos por adubação mineral convencional com composição 20-02-20; Adubação mineral revestido com tecnologia kimcoat® que previne a volatilização do N, em formulação 16-02-16. A Adubação organomineral, em que em suas fontes de minerais e orgânicos (cama de frango) possuem formulação 14-02-14, em sua composição o organomineral

apresenta 43,35% de matéria orgânica, 2,91% de MAP, 28,8% de Ureia e 1,01% de geopeletizador.

2.6. Experimento I

O experimento foi desenvolvido na cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, em que cada parcela do tratamento foi constituída de 16 plantas totais, sendo 10 plantas centrais consideradas úteis para as análises, as três plantas das extremidades de cada lado foram consideradas como bordadura. O esquema do experimento ficou estabelecido como fatorial 3 x 4, sendo o fator um determinado pelas três fontes de nutrientes (mineral convencional, mineral com polímero e organomineral farelado) e o fator dois, composto pelas quatro doses, sendo 50, 75, 100 e 125% da dose recomendada de N (400 kg ha^{-1}) e K (400 kg ha^{-1}) de acordo com Matiello et al. (2020). Sendo quatro repetições, totalizando 48 parcelas e 768 plantas. Os Tratamentos com as fontes de fertilizantes, percentual das doses e composição química NPK são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Tratamentos utilizados no experimento da lavoura da cultivar de café Catuaí, com sua respectiva dose e teor de nutrientes UnB, Brasília - DF, 2024.

Tratamento	Fonte	% da dose recomendada	Dose (kg ha^{-1})	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
T1	Mineral Convencional	125	2500,0	500	50	500
T2	Mineral Convencional	100	2000,0	400	40	400
T3	Mineral Convencional	75	1500,0	300	30	300
T4	Mineral Convencional	50	1000,0	200	20	200
T5	Mineral Revestido	125	3125,0	500	62,5	500
T6	Mineral Revestido	100	2500,0	400	50	400
T7	Mineral Revestido	75	1875,0	300	33	300
T8	Mineral Revestido	50	1250,0	200	20	200
T9	Organomineral	125	3571,2	500	62,5	500
T10	Organomineral	100	2857,0	400	50	400
T11	Organomineral	75	2142,0	300	40	300
T12	Organomineral	50	1428,0	200	20	200

N = nitrogênio; P₂O₅ = fosfato; K₂O = óxido de potássio

Bordadura	B1	B2	B3	B4	Bordadura
	T1	T1	T5	T13	
	T6	T10	T7	T1	
	T10	T6	T9	T2	
	T7	T13	T11	T5	
	T4	T9	T10	T9	
	T13	T11	T12	T4	
	T12	T2	T1	T10	
	T11	T3	T13	T12	
	T5	T7	T3	T11	
	T8	T5	T4	T6	
	T3	T8	T6	T3	
	T2	T12	T8	T7	
	T9	T4	T2	T8	
	Bordadura				

Figura 4. Croqui apresentando a disposição dos tratamentos de Fontes e Doses utilizados no experimento da lavoura da cultivar de café Catuaí Vermelho IAC 144, UnB, Brasília - DF, 2024.

2.7. Experimento II

O Experimento II, implantado na cultivar Tupi IAC 1669-33, tem como fontes de variável as fontes de nutrientes, o parcelamento da aplicação da adubação. Também composto por 16 plantas por parcela, em quatro repetições, com nove tratamentos, aplicados em 576 plantas. O esquema do experimento constitui fatorial 3 x 3 sendo o fator um as três fontes de nutrientes (mineral convencional, mineral com polímero e Organomineral farelado), o fator dois foi composto pelos três parcelamentos da adubação (Tabela 06).

Tabela 6 – Tratamentos utilizados no experimento da lavoura da cultivar de café Tupi IAC 1669-33 UnB, Brasília - DF, 2024.

Tratamento	Fonte	% da dose	Parcela	Total (kg ha ⁻¹)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
T1	Mineral Conv.	100	1	2000,0	400	40	400
T2	Mineral Conv.	100	2	2000,0	400	40	400
T3	Mineral Conv.	100	3	2000,0	400	40	400
T4	Mineral Rev.	70	1	1750,0	280	30	280
T5	Mineral Rev.	70	2	1750,0	280	30	280
T6	Mineral Rev.	70	3	1750,0	280	30	280
T7	Organomineral	70	1	2000,0	280	40	280
T8	Organomineral	70	2	2000,0	280	40	280
T9	Organomineral	70	3	2000,0	280	40	280

N = nitrogênio; P₂O₅ = fosfato; K₂O = óxido de potássio

O experimento foi implantado na safra 2020/2021 e seus tratamentos foram repetidos nas safras seguinte 2021/2022 e 2022/2023. A escolha das épocas de aplicação se deu em função do manejo nutricional já adotado na lavoura da fazenda, e seguindo também a recomendação proposta por Matiello et al. (2020) e Santinato e Santinato (2019), em que o processo de adubação foi realizado nos meses de novembro, dezembro e janeiro.

Tabela 7. Datas referentes aos parcelamentos das adubações, UnB, Brasília - DF, 2024.

Tratamento	Parcelas	Adubações ano	1º Adubações ano	2º Adubações ano	3º Adubações ano
Uma aplicação	Aplicação Única	05/11/2021	05/11/2021	05/11/2022	
Duas aplicações	1ª Parcela	05/11/2021	05/11/2021	05/11/2022	
	2ª Parcela	07/01/2022	07/01/2022	21/01/2023	
Três aplicações	1ª Parcela	05/11/2021	05/11/2021	05/11/2022	
	2ª Parcela	10/12/2021	10/12/2021	22/12/2022	
	3ª Parcela	07/01/2022	07/01/2022	21/01/2023	

As doses utilizadas (Tabela 8) constituíram em 100% da recomendada para o fertilizante convencional, enquanto para os fertilizantes organominerais e revestidos foi adotado 70% da dose, a partir de recomendações visando a redução da dose total, tendo em vista a redução das perdas e maior disponibilidade dos nutrientes para as

plantas quando comparados aos adubos convencionais como proposto por Fernandes et al. (2009), Civardi et al. (2011), Fernandes et al. (2013b).

Tabela 8. Tratamentos utilizados no experimento da lavoura da cultivar de café Tupi, com sua respectiva dose em (kg parcela⁻¹) e teor de nutrientes, UnB, Brasília - DF, 2024.

Tratamento	Fertilizante	Dose em kg parcela ⁻¹	Época 1	Época 2	Época 3
			nov	dez	jan
Mineral convencional 100%	20-02-20	4,32	4,32	-	-
Mineral com polímero 70%	16-02-16	3,78	3,78	-	-
Organomineral farelado 70%	14-02-14	4,32	4,32	-	-
Mineral convencional 100%	20-02-20	4,32	2,16	-	2,16
Mineral com polímero 70%	16-02-16	3,78	1,89	-	1,89
Organomineral farelado 70%	14-02-14	4,32	2,16	-	2,16
Mineral convencional 100%	20-02-20	4,32	1,44	1,44	1,44
Mineral com polímero 70%	16-02-16	3,78	1,26	1,26	1,26
Organomineral farelado 70%	14-02-14	4,32	1,44	1,44	1,44

A distribuição dos tratamentos em cada bloco foi realizada por sorteio, o croqui dessa distribuição é apresentado na Figura 5.

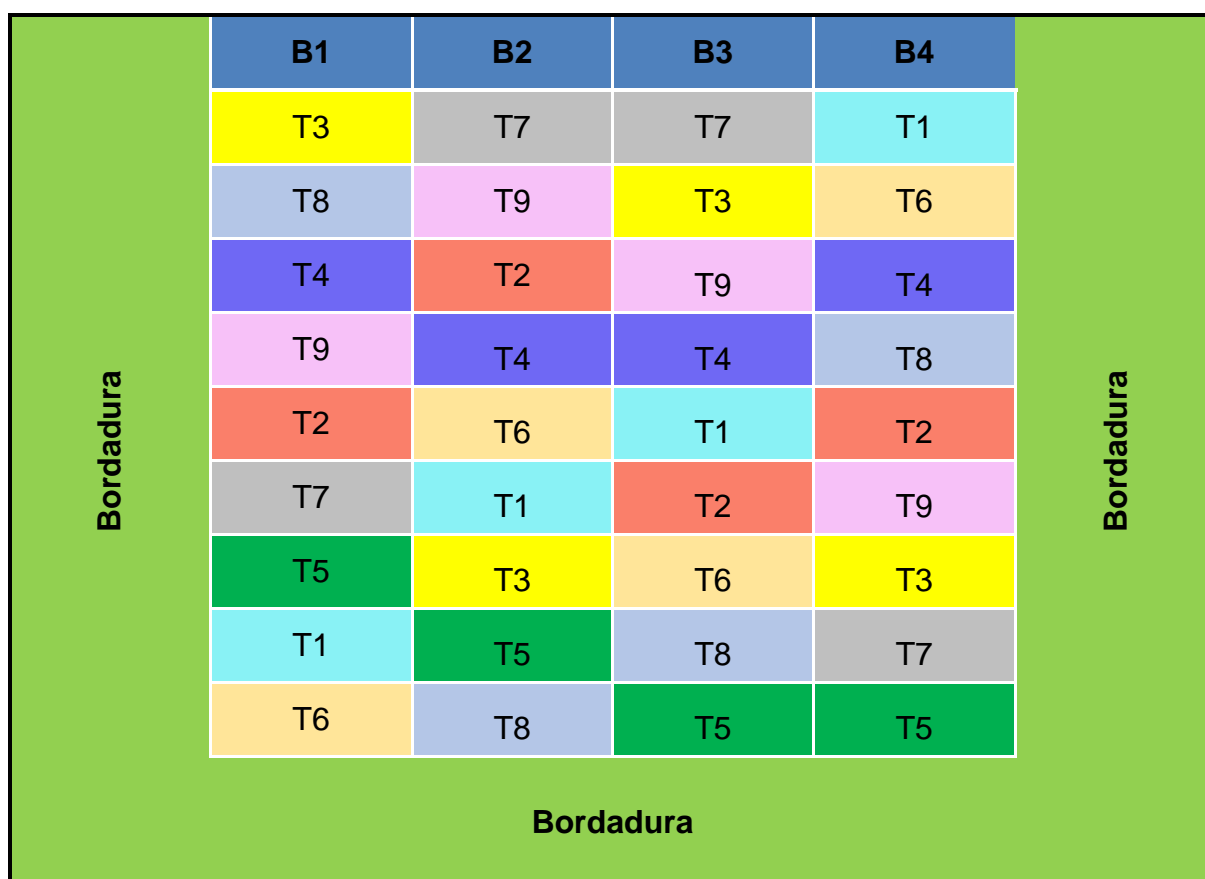


Figura 5. Croqui apresentando a disposição dos tratamentos de fontes e parcelamentos utilizados no experimento da lavoura da cultivar de café Tupi IAC 1669-33, UnB, Brasília - DF, 2024.

2.8. Avaliações do desenvolvimento vegetativo

Como supracitado, apenas as 10 plantas centrais de cada parcela foram utilizadas para realização das avaliações de altura de planta, diâmetro de copa, desenvolvimento dos ramos plagiotrópicos e número de nós e folhas (Freitas et al., 2007; Rodrigues, 2009; Leite Júnior, 2014; Dubberstein et al., 2017).

As medidas de altura foram realizadas utilizando mira topográfica graduada, o diâmetro foi medido no terço inferior da planta de uma ponta à outra do da copa. Em cada planta, um ramo do terço médio foi marcado com fita para que as avaliações dessa variável, juntamente com número de folhas e número de nós, fossem realizadas sempre no mesmo ramo. As avaliações foram realizadas antes da aplicação dos tratamentos e no mês de maio (época de colheita) de cada safra.

2.9. Análise estatística

A normalidade dos dados foi verificada com a utilização do software estatístico R (R Development Core Team, 2024). Os dados foram analisados no esquema

fatorial, em que todos foram submetidos à análise de variância pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, como as recomendações de Banzatto e Kronka (2006). No experimento I foram adotados teste de média para identificar significância entre as fontes adotadas e análise de regressão para os tratamentos de doses de fertilizantes, para as quais foram apresentadas as equações que melhor explicaram as variáveis analisadas. No Experimento II foi realizado teste de média identificar significância entre as fontes e parcelamentos adotados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Experimento I

3.1.1 Crescimento de altura

De acordo com o resumo da análise de variância para os valores de crescimento de altura da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 (Tabela 09), observou que na primeira (20/21) e na segunda safra (21/22) a variável altura das plantas de café não foi influenciada pelos fatores testados.

Tabela 09. Resumo da Análise de Variância para os valores médios de crescimento de altura (cm) da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes Fontes (F) e Doses (D) de nutrientes para as safras 20/21, 21/22, 22/23. UnB, Brasília - DF, 2024.

FV	GL	Quadrado Médio		
		20/21	21/22	22/23
Fonte	2	5,80	44,32	10,02
Dose	3	0,82	61,97	47,66*
Fonte X Dose	6	6,83	8,07	5,57
Blocos	3	1,96	23,07	3,80
Erro	33	3,97	34,97	16,41
Total	47	---	---	---
CV (%)	-	20,30	33,08	25,69
Média Geral	-	9,81	17,88	15,77

*significativo a 5% de probabilidade ($p < 0.05$).

De acordo com as médias para os valores de altura de plantas da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 sob diferentes fontes de nutrientes (Tabela 10), é possível observar que não houve diferença significativa entre as fontes para nenhuma das safras avaliadas. Isso pode ocorrer devido ao estágio da lavoura de estudo, sendo a lavoura já desenvolvida e com reservas de nutrientes em sua estrutura de raízes e parte aérea, utilizando as reservas para suprir o déficit nutricional de alguns

tratamentos, não sendo possível verificar diferença significativa entre os dados avaliados nos primeiros anos de avaliações (Sobreira et al., 2011). Esses resultados estão de acordo com Cândido et al. (2013) que não observaram diferença na altura das plantas de café quando submetidas à diferentes fontes de nutrientes. Mera (2009), também não observou relação do aumento de doses de nutrientes com o crescimento da altura do ramo ortotrópico de plantas da cultivar Catuaí Rubi linhagem 1192.

Tabela 10. Valores médios do crescimento da altura de plantas (cm) da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de fontes de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

Fontes de Nutrientes	Crescimento de altura de plantas (cm)		
	20/21	21/22	22/23
Convencional	9,64a	18,83a	14,88a
Revestido	10,48a	18,84a	16,38a
Organomineral	9,32a	15,95a	16,06a
Teste F	1,461 ^{ns}	1,268 ^{ns}	0,611 ^{ns}
DMS (5%)	1,73	5,13	3,52
CV (%)	20,30	33,08	25,69

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ^{ns} = não significativo ($p > 0,05$).

As médias dos valores de crescimento de altura de plantas para diferentes doses (Tabela 11), evidencia que não houve diferença significativa para as doses nas safras 20/21 e 21/22 do experimento, enquanto na safra 22/23, tem seus dados explicados 95,9% pela equação (Figura 6) com coeficiente de determinação significativo a 1% de probabilidade. É possível analisar os valores observados e estimados para as médias de altura de plantas quando submetidas à diferentes doses para a safra 22/23, foi adotada a linha de tendência linear, que melhor se ajustou aos dados observados, apresentando que houve aumento gradativo do crescimento de altura de plantas a medida em que ocorreu o aumento da dose de fertilizante. Magiero et al. (2017) evidenciam a importância do crescimento de altura das plantas de café, uma vez que esse parâmetro influencia no desenvolvimento vegetativo de outras partes da planta, como emissão de novos ramos plagiotrópicos e consequente número de nós e produtividade.

Tabela 11. Valores médios do crescimento da altura de plantas (cm) da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes doses de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

Doses de Nutrientes	Altura de Plantas (cm)		
	20/21	21/22	22/23
50	9,54a	15,31a	13,15b
75	10,15a	18,40a	15,40ab
100	9,69a	17,08a	16,83ab
125	9,88a	20,71a	17,70a
Teste F	0,207ns	1,772ns	2,904*
DMS (5%)	2,20	6,53	4,48
CV (%)	20,30	33,08	25,69

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; *significativo a 5% de probabilidade ($p < 0.05$); ns = não significativo ($p > 0,05$).

Além disso, Abranches et al. (2019) mostram em seus estudos com doses de ureia revestida e convencional em cafeeiros, que em todos os anos avaliados houve influência nos valores de diâmetro e altura, os autores defendem que o N é nutriente altamente requerido pela planta, podendo se tornar limitante quando sua demanda não é atendida. O crescimento de altura para plantas que receberam doses suficientes de N pode ser atribuído ao fato deste nutriente ser componente fundamental de aminoácidos, que são componentes de proteínas, essas por sua vez são essenciais para o crescimento celular e o desenvolvimento das plantas (Marschner, 2012).

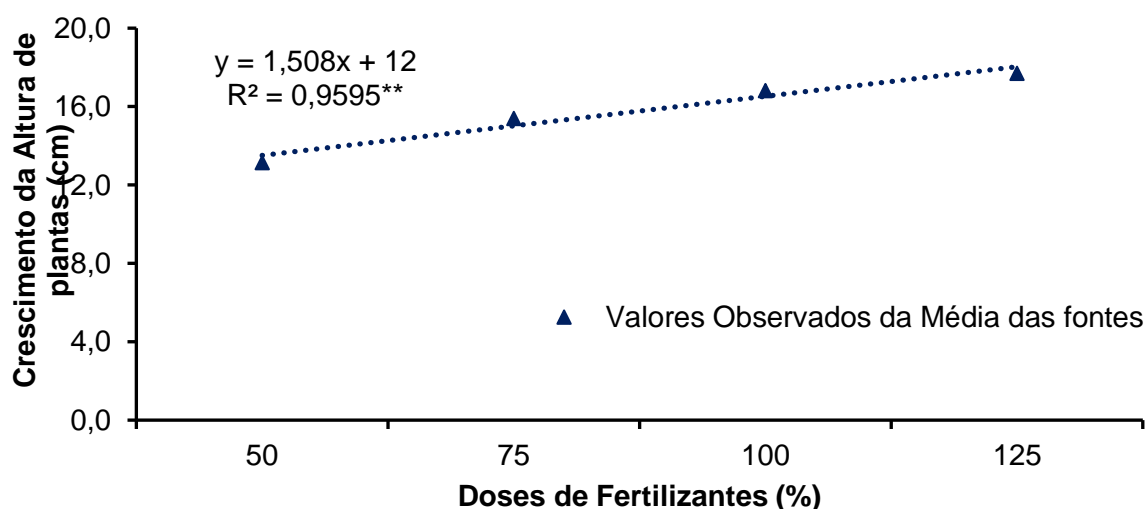


Figura 06. Valores médios do crescimento de altura de plantas da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes doses de nutrientes para a safra 22/23. ******significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$). UnB, Brasília - DF, 2024.

3.1.2. Crescimento do Diâmetro

De acordo com o resumo da análise de variância para os valores de crescimento de diâmetro de plantas da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 (Tabela 12), observou-se que na primeira safra (20/21) a variável não foi influenciada pelos fatores testados. Para as duas safras seguintes, observou-se significância para o fator doses.

Tabela 12. Resumo da Análise de Variância para os valores médios de crescimento do diâmetro (CD) da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes Fontes e Doses de nutrientes para as safras 20/21, 21/22, 22/23. UnB, Brasília - DF, 2024.

FV	GL	Quadrado Médio		
		20/21	21/22	22/23
Fonte	2	102,94	68,69	27,38
Dose	3	47,29	86,46*	355,30*
Fonte x Dose	6	82,45	4,57	7,63
Blocos	3	51,03	15,23	17,41
Erro	33	81,69	28,76	15,07
Total	47	---	---	---
CV (%)	-	50,34	24,60	37,99
Média Geral	-	17,95	21,80	10,22

*significativo a 5% de probabilidade ($p < 0.05$)

Os valores observados para diâmetros de copa de plantas de café Catuaí Vermelho IAC 144, submetidas à diferentes fontes (Tabela 13) e doses de fertilizantes (Tabela 14) não apresentaram diferença significativa para a primeira safra do experimento (20/21). Leite Júnior (2014) estudando diversas cultivares de café arábica e seu comportamento em diferentes adubações, durante o primeiro ano do experimento também não encontrou diferença significativa entre os tratamentos adotados, para as características altura de plantas e diâmetro de copas.

Tabela 13. Valores médios do crescimento do diâmetro de plantas da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de fontes de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

Fontes de Nutrientes	Crescimento de diâmetro de Plantas (cm)		
	20/21	21/22	22/23
Convencional	20,83a	20,86a	8,97a
Revestido	17,00a	24,17a	11,58a
Organomineral	16,03a	20,36a	10,11a
Teste F	1,260ns	2,388ns	1,817ns
DMS (5%)	7,84	4,65	3,37
CV (%)	50,34	24,60	37,99

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ^{ns} = não significativo (p>0,05).

Na safra 21/22, a variável diâmetro de copa foi influenciada de forma independente pelas doses de fertilizante. De acordo com os valores observados e estimados para o crescimento do diâmetro em função das diferentes doses para a safra 21/22 e com o ajuste do modelo de regressão (Figura 07) foi possível validar que o modelo linear pode ser usado para explicar a relação de crescimento de diâmetro de plantas sob diferentes doses de nutrientes, uma vez que a variável crescimento de diâmetro teve seus dados explicados 88,06% pela equação e o coeficiente de determinação apresentou significância a 1% de probabilidade, como apresentado por Mera (2009) e Souza et al. (2013), corroborando que houve efeito positivo quando adotada a dose recomendada para a cultura.

Tabela 14. Valores médios de crescimento de diâmetro de plantas da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes doses de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

Doses de Nutrientes	Crescimento de diâmetro de plantas (cm)		
	20/21	21/22	22/23
50	17,88a	19,13a	3,94b
75	18,13a	19,85a	7,69b
100	15,48a	23,94a	13,19a
125	20,33a	24,27a	16,06a
Teste F	0,58 ^{ns}	3,006*	23,577**
DMS (5%)	9,98	5,92	4,29
CV (%)	50,34	24,60	37,99

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; **significativo a 1% de probabilidade (p<0.01); *significativo ao nível de 5% de probabilidade (p<0.05).

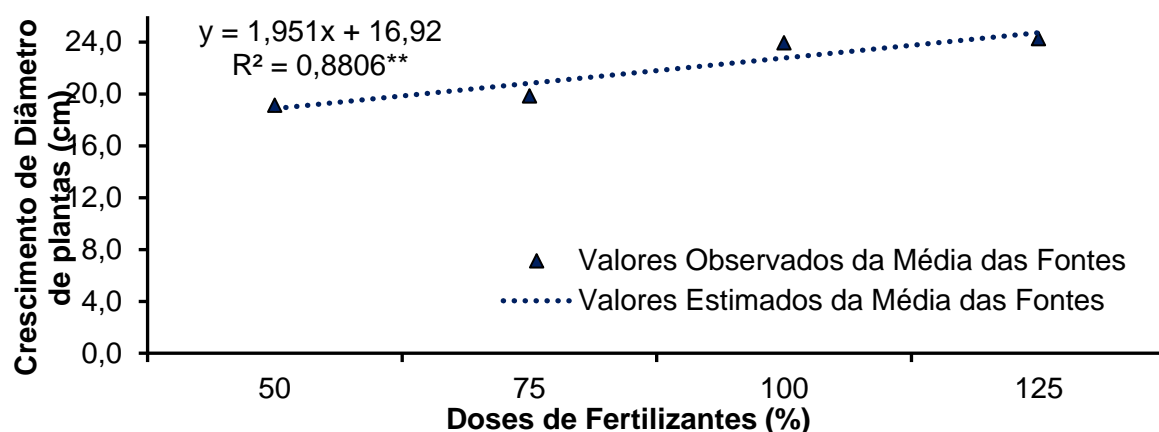


Figura 07. Valores médios do crescimento do diâmetro da copa da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes doses de nutrientes para a safra 21/22. ******significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$). UnB, Brasília - DF, 2024.

O ajuste de modelo regressão para as médias de crescimento de diâmetro de copa de plantas da cultivar Catuaí submetida a diferentes doses na safra 22/23 (Figura 08) apresenta que a variável crescimento de diâmetro teve 98,7% dos seus dados explicados pela equação, e o coeficiente de determinação apresentou significância a 1% de probabilidade. Assim como notado no crescimento de altura, as plantas apresentaram crescimento no diâmetro à medida em que houve aumento das doses, com ajuste linear do modelo de regressão. Conforme observado por Mera (2009) que atribuiu o desenvolvimento vegetativo da planta ao aumento da superfície fotossintética e de fotoassimilados, explicando o aumento de diversos parâmetros avaliados, como altura, diâmetro e comprimento dos ramos com o aumento da dose. É possível notar, como já esperado e evidenciado por outros estudos (Carmo et al., 2014; Leite Júnior, 2014) que as doses de 50% e 75% apresentaram crescimentos até 29,98% inferiores comparados com as doses de 100 e 125%. Respostas positivas com o uso de diferentes doses de nutrientes também foram obtidas por Souza et al. (2013) e Dubberstein, et al. (2017).

Plantas que recebem doses adequadas de N tendem a vegetar mais, desenvolvendo mais os ramos, folhas e a copa como um todo, Com folhas e ramos mais desenvolvidos o cafeeiro aumenta também o diâmetro da copa, otimizando o aproveitamento da radiação e a produção de energia (Taiz e Zeiger; 2004). O N é Constituintes de aminoácidos que por sua vez desempenham funções de funcionar como blocos de construção de proteínas, quando o N está deficiente parte dos aminoácidos são translocados através de floema, de folhas velhas para órgãos jovens (Fagan et al., 2022).

Vale ressaltar ainda que o equilíbrio entre a adubação de N e K é importante pra otimizar o processo de crescimento da copa. O excesso de determinado nutriente pode prejudicar o uso do outro (Corerato, 2023). Plantas bem nutridas com N e K apresentam maior biomassa, refletindo no aumento do diâmetro da copa. Isso não apenas melhora a captação de luz, mas também a produção de frutos (Caixeta et al., 2022).

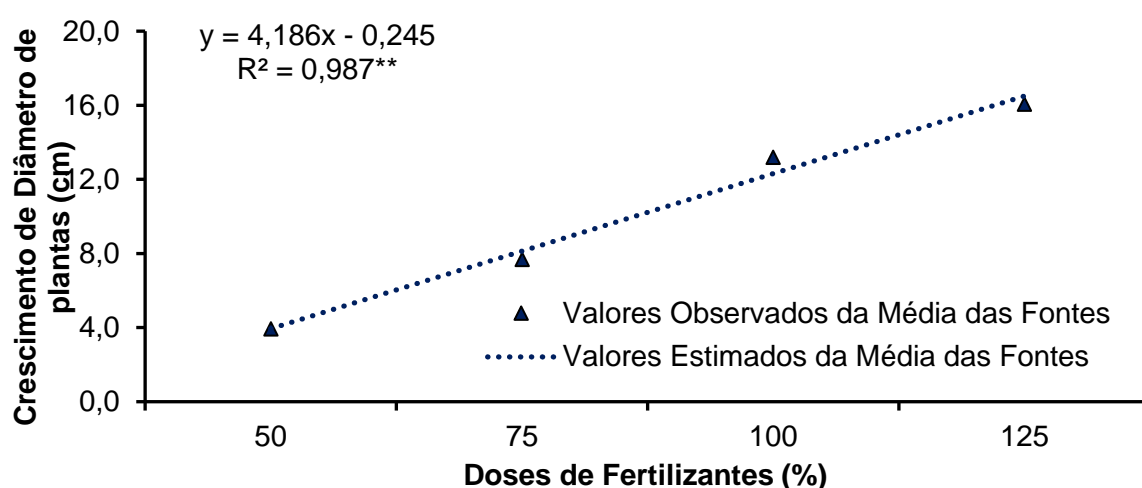


Figura 08. Valores médios do crescimento do diâmetro da copa da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes doses de nutrientes para a safra 22/23. **significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$). UnB, Brasília - MG - MG, 2024.

3.1.3. Crescimento de Ramos plagiotrópicos

De acordo com o resumo da análise de variância para os valores de crescimento de ramos de plantas da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 (Tabela 15), observou que na primeira safra (20/21) a variável não foi influenciada pelos fatores testados. Já para as duas safras seguintes, observou-se significância para o fator fonte na safra 21/22 e para o fator dose na safra 22/23.

Tabela 15. Resumo da Análise de Variância para os valores médios de crescimento de Ramos (CR) da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes Fontes e Doses de nutrientes para as safras 20/21, 21/22, 22/23. UnB, Brasília - DF, 2024.

FV	GL	Quadrado Médio		
		20/21	21/22	22/23
Fonte	2	0,80	18,59*	1,12
Dose	3	2,27	8,71	6,11*
Fonte x Dose	6	3,89	5,12	0,26
Blocos	3	17,12	1,09	1,26
Erro	33	3,84	5,75	1,83
Total	47	---	---	---
CV (%)	-	17,53	23,43	19,60
Média Geral	-	11,18	10,24	6,91

*significativo a 5% de probabilidade ($p < 0.05$)

Os dados de crescimento de ramos plagiotrópicos não apresentaram significância para os tratamentos adotados na primeira safra do experimento (20/21), normalmente, experimentos em lavouras cafeeiras já desenvolvidas precisam ser continuados por mais de uma safra para que seja possível verificar os efeitos dos tratamentos (Leite Júnior, 2014), Vilela et al. (2019) atribui esse comportamento da não diferenciação dos crescimento dos ramos plagiotrópicos nos primeiros anos do experimento à fertilidade já presente no solo.

Na segunda safra do experimento (21/22) os valores apresentaram significância para as fontes testadas (Tabela 16), em que foi possível identificar para a fonte organomineral desempenho abaixo das demais fontes avaliadas. Resultados semelhantes foram encontrados por Alves (2019) que também não encontrou diferença significativa avaliando o crescimento de plantas de café sob associações de doses de Matéria Orgânica ao mineral, justificando que além de tempo a matéria orgânica carece de condições adequadas para sua mineralização e solubilização. Benites et al. (2010) apresentam que alguns fatores podem afetar a disponibilidade de nutrientes em fontes organominerais, tais como a temperatura, umidade, pH e estrutura do solo.

Tabela 16. Valores médios do crescimento de ramos de plantas da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de fontes de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

Fontes de Nutrientes	Crescimento de ramos plagiotrópicos (cm)		
	20/21	21/22	22/23
Convencional	11,11a	10,18ab	7,05a
Revestido	11,43a	11,34a	7,08a
Organomineral	10,99a	9,19b	6,60a
Teste F	0,209 ^{ns}	3,232*	0,610 ^{ns}
DMS (5%)	1,70	2,08	1,18
CV (%)	17,53	23,43	19,60

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ^{ns} = não significativo ($p > 0,05$).
*significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Na terceira safra (22/23) os resultados foram significativos para as doses avaliadas (Tabela 17), o ajuste do modelo de regressão para as médias de crescimento dos ramos de plantas da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 submetida a diferentes doses na safra de 22/23 (Figura 09) denota, que assim como observado por Mera (2009), os ramos apresentaram maiores valores à medida que houve incremento no fornecimento de nutrientes, logo, a linha de tendência que melhor se adequou aos valores observados foi a linear, com 99,9% dos dados explicados pela equação, além do coeficiente de determinação ser significativo a 1% de probabilidade. Magiero et al. (2017) avaliando o crescimento de ramos plagiotrópicos, enfatiza a importância dessa variável, evidenciando que quanto maior o crescimento dos ramos, maior o potencial produtivo no ano seguinte.

O nitrogênio promove o crescimento de ramos mais robustos, aumentando a capacidade de emissão de folhas e consequentemente a capacidade de produção de fotossíntese. O aumento da fotossíntese está diretamente relacionado ao aumento da biomassa da planta. Plantas com maior taxa de fotossíntese tendem a ter mais folhas e ramos, promovendo crescimento vegetativo robusto (Lambers et al., 2008). Além disso a produção de novos ramos no café está diretamente ligada ao aumento da produtividade, acarretando também em aumento da área foliar, essencial para a fotossíntese. A formação de ramos vigorosos influencia diretamente na produtividade, maximizando a área foliar, podendo proporcionar colheitas mais robustas e de melhor qualidade (Andrade Júnior, 2020).

Tabela 17. Valores médios de crescimento de ramos de plantas da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes doses de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

Doses de Nutrientes	Crescimento de ramos plagiotrópicos (cm)		
	20/21	21/22	22/23
50	10,58a	10,07a	6,08b
75	11,59a	9,78a	6,65ab
100	11,16a	9,62a	7,16ab
125	11,38a	11,49a	7,75a
Teste F	0,592 ^{ns}	1,514 ^{ns}	3,333*
DMS (5%)	2,16	2,65	1,50
CV (%)	17,53	23,43	19,60

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ^{ns} = não significativo (p>0,05).
*significativo ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05).

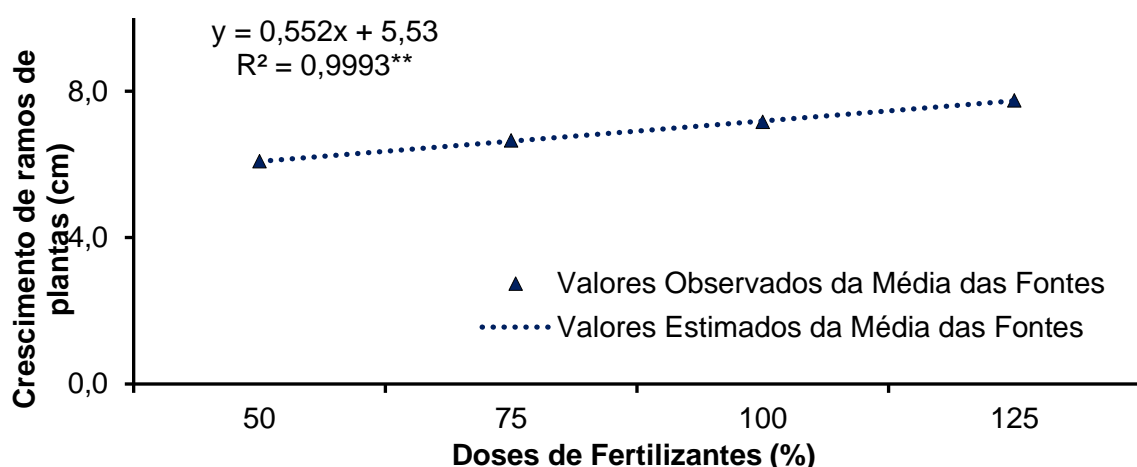


Figura 09. Valores médios do crescimento de ramos da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes doses de nutrientes para a safra 22/23. ^{**}significativo a 1% de probabilidade (p<0.01). UnB, Brasília - DF, 2024.

3.1.4. Número de folhas

De acordo com o resumo da análise de variância para os valores de número de folhas nos ramos da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 (Tabela 18), observou-se que na primeira safra (20/21) a variável foi influenciada pelas doses testadas. Já para as duas safras seguintes, observou-se interação entre os dois fatores, fonte e dose.

Tabela 18. Resumo da Análise de Variância para os valores médios do número de folhas (NF) de plantas da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes Fontes e Doses de nutrientes para as safras 20/21, 21/22, 22/23. UnB, Brasília - DF, 2024.

FV	GL	Quadrado Médio		
		20/21	21/22	22/23
Fonte	2,00	0,76	0,26	0,29
Dose	3,00	3,76*	1,32	2,93
Fonte x Dose	6,00	0,51	5,51*	0,34*
Blocos	3,00	7,51	0,39	0,44
Erro	33,00	1,20	2,27	0,11
Total	47,00	---	---	---
CV (%)	-	13,52	18,30	7,98
Média Geral	-	8,11	8,24	4,10

*significativo a 5% de probabilidade ($p < 0.05$).

Os valores médios do número de folhas em ramos da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 sob as fontes avaliadas (Tabela 19) não manifestou significância na primeira safra do experimento (20/21). Como observado em outras variáveis, esse comportamento se deve à existência de reservas na planta, capazes de suprir nas primeiras safras aquelas que receberam doses abaixo do recomendado.

Tabela 19. Valores médios de número de folhas de plantas da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de fontes de nutrientes para as safras 2020/2021. UnB, Brasília - DF, 2024.

Fontes de Nutrientes	Número de folhas
	20/21
Convencional	8,36a
Revestido	8,01a
Organomineral	7,96a
Teste F	0,630ns
DMS (5%)	0,95
CV (%)	13,52

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ns = não significativo ($p > 0,05$).

Os valores médios do número de folhas em ramos da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 sob as doses avaliadas (Tabela 20) não manifestaram diferença significativa entre as doses analisadas na primeira safra do experimento (20/21).

Tabela 20. Valores médios de número de folhas de plantas da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes doses de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

Doses de Nutrientes	Número de folhas
	20/21
50	8,78 a
75	8,36 a
100	7,60 a
125	7,70 a
Teste F	3,134*
DMS (5%)	1,21
CV (%)	13,52

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ^{ns} = não significativo ($p > 0,05$).
 *significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

O ajuste do modelo de regressão para os valores médios do número de folhas em ramos da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 sob as doses avaliadas (Figura 10) apresenta o comportamento linear do número de folhas, decrescendo com o aumento das doses fornecidas à cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, em que 85,14% dos dados são explicados pela equação e coeficiente de determinação ser significativo a 1% de probabilidade. O número de folhas nos ramos está diretamente ligado à área foliar da planta e capacidade e assimilação de fotoassimilados, contribuindo para o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da cultura (Matiello et al., 2020). Carmo et al. (2014), apresentaram em seus estudos que nem sempre o incremento da dose, acarreta em aumento nos parâmetros avaliados. A redução do número de folhas pode ser explicada pelo fator bienalidade, uma vez que em anos de alta produtividade, a planta destina mais nutrientes para flores e frutos em detrimento de órgãos vegetativos (Pereira et al., 2011; Divino e Oliveira, 2023).

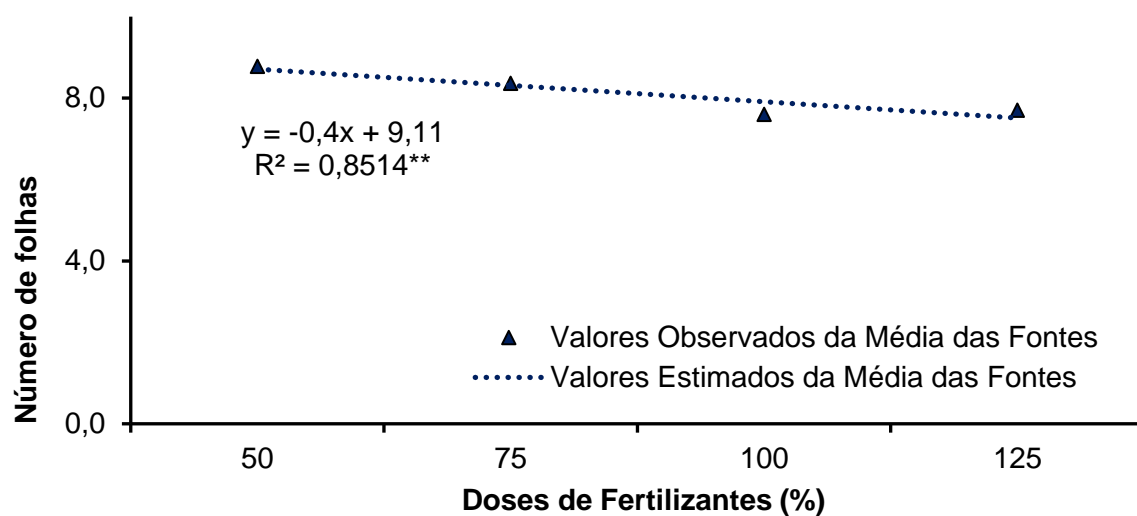


Figura 10. Valores médios do número de folhas da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes doses de nutrientes para a safra 20/21. **significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$). UnB, Brasília - DF, 2024.

Na segunda safra (21/22) e na terceira (22/23) houve interação significativa entre os fatores para a variável resposta, sendo as plantas da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 influenciadas pelas fontes e doses dos fertilizantes (Tabela 21).

Tabela 21. Valores médios de número de folhas de plantas da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, em função de diferentes fontes e doses de nutrientes para as safras 2021/2022 e 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

Fontes de Nutrientes		% da Dose			
		50	75	100	125
Número de folhas					
21/22	Convencional	8,44Aa	7,22Ab	9,34Aa	8,53Aa
	Revestido	9,63Aa	8,69Bba	8,00ABa	6,25Ba
	Organomineral	9,63Aa	8,32Ab	8,19Aa	8,78Aa
	Teste F (Fontes x Doses)	2,424*			
	DMS - Fontes dentro de Doses	2,62			
	DMS - Doses dentro de fontes	2,89			
	CV (%)	18,30			
Fontes de Nutrientes		% da Dose			
		50	75	100	125
Número de folhas					
22/23	Convencional	3,33Ba	4,15Aa	4,59Aa	4,19Ab
	Revestido	3,53Ba	4,24Aa	4,61Aa	4,62Aab
	Organomineral	3,50Ba	3,57Bb	4,09Ba	4,80Ab
	Teste F (Fontes x Doses)	3,216*			
	DMS - Fontes dentro de Doses	0,28			
	DMS - Doses dentro de fontes	0,36			
	CV (%)	7,98			

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0.05$).

Os resultados da safra 21/22, permitem observar que foi encontrado menor número de folhas por ramo quando utilizada a fonte polimerizada à 125% da dose recomendada. Mera (2009), constatou diferença significativa para o número de folhas por ramo em virtude do aumento da dose, notando também que a supressão da adubação também afetou o número de folhas na planta. No entanto a autora relata que outros fatores podem afetar o desenvolvimento das folhas, como a presença de frutos, que são fortes drenos, limitando a mobilização de assimilados para outros órgãos e redução do crescimento vegetativo. As avaliações de número de folhas realizadas na safra 22/23 apresentou interação entre os dois fatores, com desempenhos inferiores para as doses de 50% em todas as fontes avaliadas, além disso, a fonte organomineral também apresentou desempenho inferior para a doses de 75% e 100%.

De modo geral observou-se que as médias encontradas na safra 21/22 foram maiores que aquelas encontradas na safra 22/23, possivelmente devido ao fator bienalidade, em que houve, assim como relatado por Pereira et al. (2011), maior

destinação de nutrientes e fotoassimilados para o desenvolvimento de estruturas reprodutivas na safra 22/23.

Para efeito de comparação, ajustando-se os resultados a partir dos modelos para o número de folhas da safra 21/22 (Figura 11), foi possível observar que o ajuste para as fontes Convencionais (Figura 11 a), Organominerais (Figura 11c) e a Média Geral (Figura 11 d) não apresentou significância para o ajuste do modelo de regressão, enquanto o número de folhas apresentou comportamento linear decrescente para o aumento das doses de fonte revestida (Figura 11b) com 95,91% dos dados explicados pela equação e coeficiente de determinação ser significativo a 1% de probabilidade.

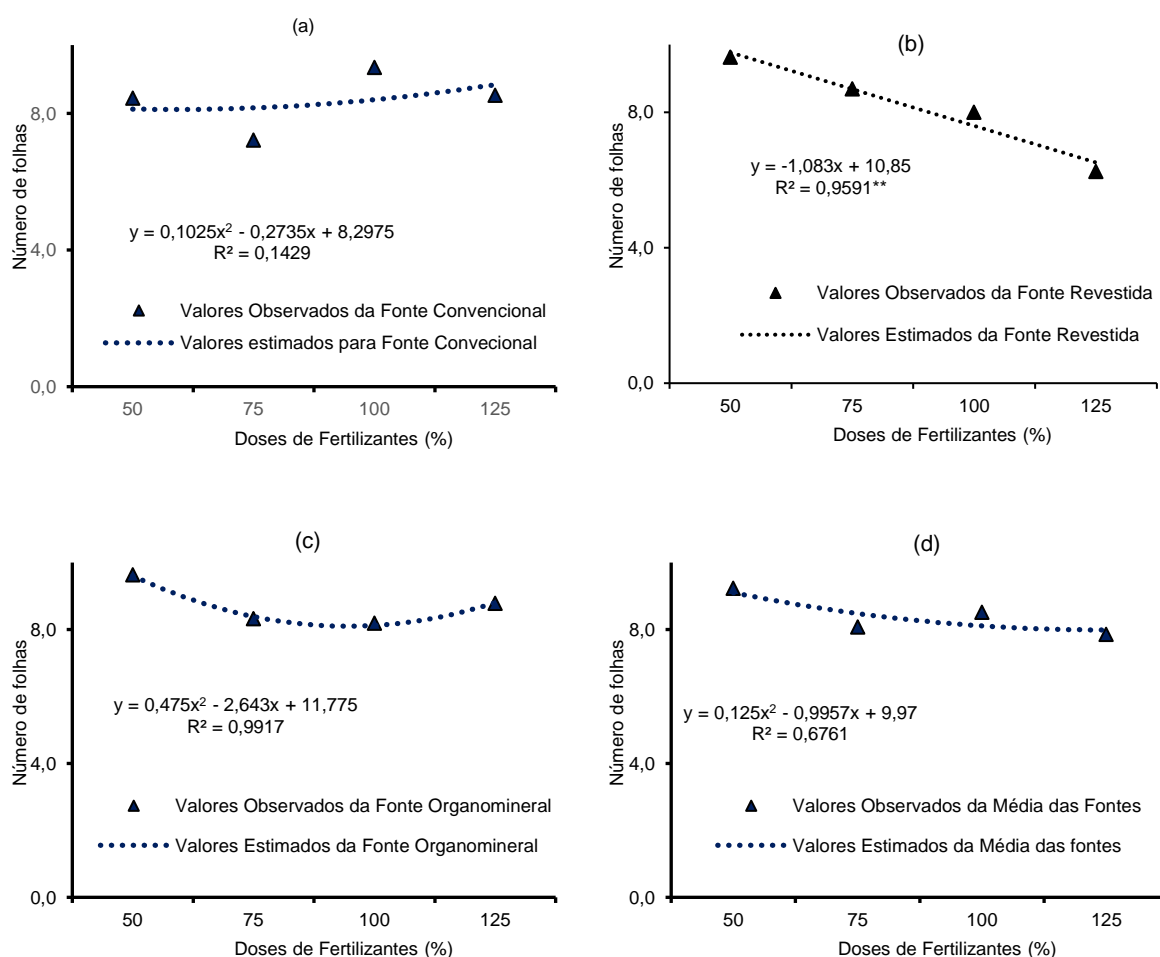


Figura 11. Valores experimentais e estimados do número de folhas em função de diferentes doses da Fonte Convencional (a); Revestida (b); Organomineral (c) e Média Geral (d) para a safra 21/22. **significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$). UnB, Brasília - DF, 2024.

Os ajustes realizados para a safra o número de folhas sob diferentes doses na safra 22/23 (Figura 12) apresentaram significância para todas as fontes testadas,

mostrando ajuste quadrático para as fontes convencional (Figura 12a) em que 98,74% dos dados são explicados pela equação, além do coeficiente de determinação ser significativo a 1% de probabilidade. A fonte revestida (Figura 12b) obteve decréscimo do número de folhas à 125% da dose recomendada, com 100% dos dados explicados pela equação e coeficiente de determinação significativo a 5% de probabilidade. Por outro lado, a fonte organomineral (Figura 12c) apresentou ajuste linear, em que 90,23% dos dados são explicados pela equação, com coeficiente de determinação significativo a 5% de probabilidade, elevando o número de folhas à medida que houve aumento da dose adotada. De acordo com os resultados da safra 22/23, o fornecimento adequado de nutrientes pode estimular a divisão celular e maior número de folhas, decorrente também de maior alongamento de ramos (Dubberstein et al., 2017).

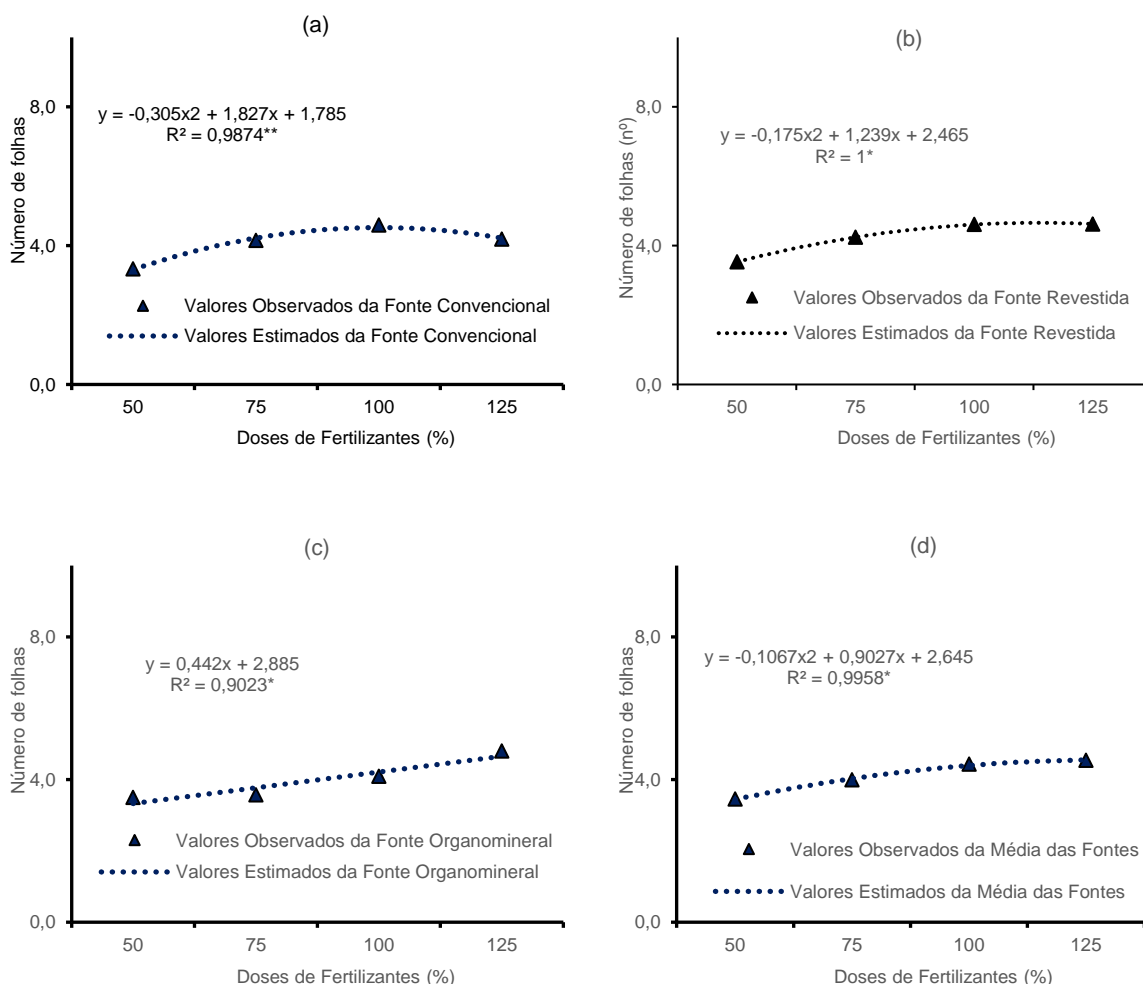


Figura 12. Valores experimentais e estimados do número de folhas em função de diferentes doses da Fonte Convencional (a); Revestida (b); Organomineral (c) e Média Geral (d) para a safra 22/23. **significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$); *significativo a 5% de probabilidade ($p < 0.05$). UnB, Brasília - DF, 2024.

3.1.5. Número de nós

De acordo com o resumo da análise de variância para os valores de número de nós nos ramos da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 (Tabela 22), observou-se que na primeira e na segunda safra (20/21; 21/22) não houve significância entre os tratamentos. No entanto, na terceira safra (22/23) a variável foi influenciada pelas doses testadas.

Tabela 22. Resumo da Análise de Variância para os valores médios do número de nós (NN) de plantas da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, em função de diferentes Fontes e Doses de nutrientes para as safras 20/21, 21/22, 22/23. UnB, Brasília - DF, 2024.

FV	GL	Quadrado Médio		
		20/21	21/22	22/23
Fonte	2	0,00	1,34	1,32
Dose	3	0,90	0,53	4,48**
Fonte x Dose	6	0,88	0,54	0,15
Blocos	3	2,36	1,77	1,64
Erro	33	0,57	0,61	0,52
Total	47	---	---	---
CV (%)	-	11,63	14,73	16,80
Média Geral	-	6,47	5,30	4,29

**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$).

A variável número de nós não apresentou diferença significativa para os tratamentos adotados nos dois primeiros anos do experimento (Tabela 23). Vilela et al. (2019) também não verificaram diferença significativa entre tratamentos de adubação para o primeiro ano do experimento em todas as características estudadas. Sobreira et al. (2011) justificaram que plantas de cultivo perene, como o cafeeiro, necessitam de maior período de avaliações para melhor estruturação e representatividade dos resultados.

Tabela 23. Valores médios do crescimento de número de nós de plantas da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, em função de fontes de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

Fontes de Nutrientes	Número de Nós		
	20/21	21/22	22/23
Convencional	6,48a	5,29a	3,99a
Revestido	6,46a	5,59a	4,57a
Organomineral	6,45a	5,01a	4,31a
Teste F	0,007 ^{ns}	2,197 ^{ns}	2,538 ^{ns}
DMS (5%)	0,65	0,68	0,63
CV (%)	11,63	14,73	16,80

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ^{ns} = não significativo ($p > 0,05$).

A ausência de resultados significativos no desenvolvimento vegetativo de plantas também foi apresentada por Mumbach (2017) avaliando outras espécies de grãos. Mera (2009) afirma que a não diferenciação de diversos parâmetros avaliados no desenvolvimento vegetativo para diferentes doses adotadas pode ser explicada pelos nutrientes absorvidos estarem sendo destinados para emissão de botões florais, frutificação e enchimento dos grãos, e não apenas para a parte vegetativa.

Dubberstein et al. (2017) não encontraram diferença significativa para doses e fontes de nutrientes no primeiro ano de seu experimento, justificando pela fertilidade já presente no solo, capaz de atender mesmo plantas que recebem doses abaixo do recomendado. A ausência de resultados significativos entre os tratamentos no primeiro ano, pode ainda ser explicada pela disponibilidade de Matéria Orgânica, Potássio e Fósforo no solo, antes da implantação do experimento sendo M.O. = 3,21; K = 128 e P = 10,05, como também justificado por Sobreira et al. (2011) e Vilela et al. (2019).

Os valores de média geral do número de nós na safra 22/23 apresentaram diferença significativa para as doses estudadas (Tabela 24). Mostrando aumento que as doses de 50 e 75% obtiveram desempenho inferior à dose de 125%. Resultados semelhantes foram encontrados por Carmo et al. (2014), estudando o desenvolvimento vegetativo com o uso de doses de organomineral em plantas de café, encontrando correlação positiva do desenvolvimento com o aumento das doses.

Tabela 24. Valores médios de número de nós de plantas da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, em função de diferentes doses de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

Doses de Nutrientes	Número de nós		
	20/21	21/22	22/23
50	6,64a	5,12a	3,71b
75	6,69a	5,12a	3,98b
100	6,45a	5,44a	4,35ab
125	6,08a	5,51a	5,12a
Teste F	1,594 ^{ns}	0,867 ^{ns}	8,623 ^{**}
DMS (5%)	0,83	0,86	0,80
CV (%)	11,63	14,73	16,80

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ^{**}significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$); ^{ns} = não significativo ($p > 0,05$).

O ajuste do modelo de regressão linear apresentou correlação positiva do aumento da dose com o número de nós nos ramos plagiotrópicos (Figura 13), em que a equação explica 94,04% dos dados com coeficiente de determinação ser significativo a 1% de probabilidade. Para Abranches et al. (2019), a elevação no fornecimento de nutrientes favoreceu o desenvolvimento vegetativo. Fernandes et al. (2013b), Carmo et al. (2014), Dubberstein et al. (2017), também encontraram correlação positiva para o desenvolvimento vegetativo do cafeeiro sob doses de nutrientes, para os autores, o atendimento da demanda nutricional, tem a capacidade de elevar positivamente as propriedades químicas do solo, afetando o desenvolvimento da planta.

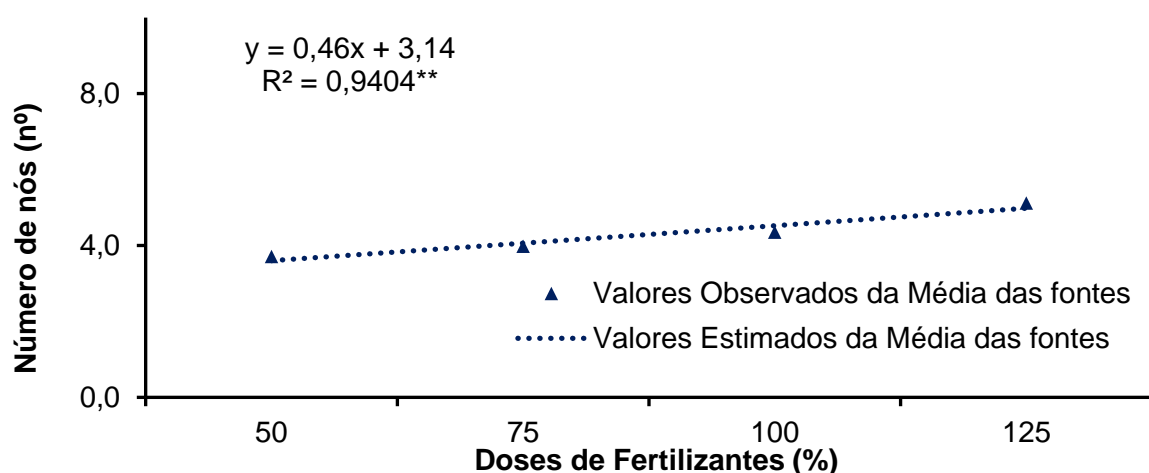


Figura 13. Valores médios do número de nós em ramos plagiotrópicos da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, em função de diferentes doses de nutrientes para o ano de 22/23. ^{**}significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$). UnB, Brasília - DF, 2024.

3.2. Experimento II

3.2.1. Crescimento de Altura

De acordo com o resumo da análise de variância para os valores de crescimento de altura de plantas de café Tupi IAC 1669-33 (Tabela 25), observou que não houve influência de fontes e parcelamentos de nutrientes em nenhuma das safras analisadas.

Tabela 25. Resumo da Análise de Variância para os valores médios de crescimento de altura (CA) da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de diferentes Fontes e Parcelamentos de nutrientes para as safras 20/21, 21/22, 22/23. UnB, Brasília - DF, 2024.

FV	GL	Quadrado Médio		
		20/21	21/22	22/23
Fonte	2	432,64	14,80	18,13
Parcelamento	2	30,28	42,02	0,87
Fonte x Parcelamento	4	69,93	181,77	1,73
Blocos	3	99,54	50,22	19,16
Erro	24	222,60	85,69	9,24
Total	35	---	---	---
CV (%)	-	34,77	36,81	19,09
Média Geral	-	42,92	25,15	15,92

As médias para os valores de altura de plantas da cultivar Tupi IAC 1669-33 sob diferentes fontes (Tabela 26) e parcelamentos de nutrientes (Tabela 27), apresentam que não houve diferença significativa entre os tratamentos para nenhuma das safras avaliadas. Geromel et al. (2019) estudando a redução de doses frente ao desenvolvimento de parte aérea da cana de açúcar, encontraram vantagens em até 50% de redução da dose de fertilizantes protegidos em relação ao adubo convencional à 100%.

Não houve diferença entre as fontes utilizadas mesmo com a redução das doses do revestido e organomineral para 70% do recomendado. Esse comportamento pode ser explicado por Cândido et al. (2013) que encontraram resultados semelhantes e atribuiu a não diferenciação entre as fontes revestida e organomineral da fonte convencional, a eficiência dessas fontes relacionada à lenta solubilização dos nutrientes em função, respectivamente, dos polímeros e da matéria orgânica.

Tabela 26. Valores médios da altura de plantas da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de fontes de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

Fontes de Nutrientes	Crescimento de altura de plantas (cm)		
	20/21	21/22	22/23
Convencional	36,11a	26,40a	17,15a
Revestido	47,46a	24,77a	14,69a
Organomineral	45,17a	24,27a	15,94a
Teste F	1,94 ^{ns}	0,17 ^{ns}	1,96 ^{ns}
DMS (5%)	15,22	9,44	3,10
CV (%)	34,77	36,81	19,09

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ^{ns} = não significativo ($p > 0,05$).

As médias de crescimento de altura de plantas sob diferentes parcelamentos (Tabela 27) mostram que não houve diferença para os tratamentos. Os efeitos do parcelamento do fornecimento de nutrientes no desenvolvimento vegetativo do cafeeiro podem ser evidenciados mais fortemente em plantas mais jovens, como encontrado por Magiero et al. (2017), avaliando plantas com 24 meses de café conilon, notou que o parcelamento aumenta o desenvolvimento vegetativo por reduzir o tempo de reposição de nutrientes para as plantas, possibilitando ainda a redução de doses quando há fornecimento espaçado dos nutrientes, sem que haja redução significativa do crescimento.

Tabela 27. Valores médios da altura de plantas da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de diferentes parcelamentos de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

Parcelamentos de Nutrientes	Crescimento de altura de plantas (cm)		
	20/21	21/22	22/23
Aplicação Única	36,52a	26,44a	15,62a
Duas Parcelas	38,29a	23,00a	16,00a
Três parcelas	33,53a	26,00a	16,15a
Teste F	0,14ns	0,49ns	0,09ns
DMS (5%)	15,22	9,44	3,10
CV (%)	34,77	36,81	19,09

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ns = não significativo ($p > 0,05$).

3.2.2. Crescimento do Diâmetro

De acordo com o resumo da análise de variância para os valores de crescimento de diâmetro de plantas na cultivar Tupi IAC 1669-33 (Tabela 28), observou-se que na primeira e terceira safra (20/21; 22/23) a variável não foi

influenciada pelos fatores testados. Já para a segunda safra, houve significância para o fator fontes de nutrientes.

Tabela 28. Resumo da Análise de Variância para os valores médios de crescimento do diâmetro (CD) da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de diferentes Fontes e Parcelamentos de nutrientes para as safras 20/21, 21/22, 22/23. UnB, Brasília - DF, 2024.

FV	GL	Quadrado Médio		
		20/21	21/22	22/23
Fonte	2	20,94	228,89**	93,87
Parcelamento	2	32,51	17,76	45,75
Fonte x Parcelamento	4	431,75	22,16	12,72
Blocos	3	278,52	29,57	13,32
Erro	24	228,88	24,96	45,54
Total	35	---	---	---
CV (%)	-	50,05	17,98	57,06
Média Geral	-	30,22	27,79	11,83

**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$).

As médias para os valores de diâmetro de plantas da cultivar Tupi IAC 1669-33 sob diferentes fontes (Tabela 29), apresentam significância para o tratamento na safra 21/22, em que o organomineral apresentou resultados de crescimento de diâmetro inferior aos demais tratamentos. Na primeira e terceira safra (20/21; 22/23) foi possível ressaltar que a fonte convencional com 100% da dose recomendada obteve resultados estatisticamente iguais à fonte Revestida e organomineral com 70% da dose recomendada. Resultados assim evidenciam a eficiência de fontes com tecnologia de liberação lenta, seja através de polímeros que revestem os grânulos, seja através da matéria orgânica, uma vez que mesmo com menor dose, seus resultados foram semelhantes à dose padrão recomendada, corroborando com Abranches et al. (2019).

Alguns trabalhos apresentam ainda resultados superiores com ureia revestida em relação à convencional mesmo em dose reduzida. Um dos fatores que possibilitam essa redução da dose em fertilizantes revestidos, é a tecnologia associada a estes nutrientes, que permitem liberação controlada, otimizando a sua absorção e o seu melhor aproveitamento pelas plantas (Guelfi, 2017; Souza et al., 2018; Abranches et al., 2019).

A safra 21/22 apresentou resultados inferiores para a fonte organomineral. Os valores inferiores proporcionados pelo tratamento com o fertilizante organomineral

podem ser explicados pelo maior tempo necessário para mineralização e solubilização dos nutrientes e de uma série de outros fatores que podem afetar esses fenômenos, tais como características edafoclimáticas e ao tempo, uma vez que são parâmetros que influenciam o processo de liberação de nutrientes e ganhos em estrutura do solo (Santos et al., 2011; Teixeira et al., 2011; Cândido et al., 2013; Smith et al., 2015).

Tabela 29. Valores médios do crescimento do diâmetro de plantas da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de fontes de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

Fontes de Nutrientes	Crescimento de diâmetro de plantas (cm)		
	20/21	21/22	22/23
Convencional	30,40a	28,58a	14,98a
Revestido	28,82a	31,71a	10,85a
Organomineral	31,45a	23,08b	9,65a
Teste F	0,09ns	9,17**	1,01ns
DMS (5%)	15,43	5,10	6,88
CV (%)	50,05	17,98	57,06

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; **significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$); ns = não significativo ($p > 0,05$).

As médias para os valores de diâmetro de plantas da cultivar Tupi IAC 1669-33 sob diferentes parcelamentos (Tabela 30), apresentam que não houve significância para os tratamentos em nenhuma das safras avaliadas, mostrando que para não houve diferença nos valores de diâmetro de plantas para o número de vezes em que a adubação foi dividida.

Embora o presente trabalho não tenha encontrado diferença para as avaliações em relação ao parcelamento da adubação alguns estudos recentes, como Bassetto Júnior et al. (2020) e Crisóstemo e Nascentes (2023), apresentam que a prática de dividir a aplicação dos fertilizantes minimiza as perdas de nutrientes mesmo em fontes convencionais, como no caso do N que pode vir a sofrer volatilização principalmente em períodos de falta de água. Nesse sentido o parcelamento está relacionado com a maior eficiência do fertilizante, que uma vez parcelado poderá sofrer menos a ação do ambiente e fica mais disponível para as plantas Crisóstemo e Nascentes (2023).

Tabela 30. Valores médios de crescimento de diâmetro de plantas da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de diferentes parcelamentos de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

Parcelamentos de Nutrientes	Crescimento de diâmetro de plantas (cm)		
	20/21	21/22	22/23
Aplicação Única	32,08a	26,68a	10,13a
Duas Parcelas	28,92a	27,63a	11,40a
Três parcelas	29,67a	29,08a	13,96a
Teste F	0,14ns	0,71ns	2,06ns
DMS (5%)	15,43	5,10	6,88
CV (%)	50,05	17,98	57,06

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade; ns = não significativo ($p > 0,05$).

3.2.3. Crescimento de ramos plagiotrópicos

De acordo com o resumo da análise de variância para os valores de crescimento de ramos de plantas da cultivar Tupi IAC 1669-33 (Tabela 31), observou que a variável não foi influenciada pelos fatores testados em nenhuma das três safras avaliadas.

Tabela 31. Resumo da Análise de Variância para os valores médios de crescimento de Ramos (CR) da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de diferentes Fontes e Parcelamentos de nutrientes para as safras 20/21, 21/22, 22/23. UnB, Brasília - DF, 2024.

FV	GL	Quadrado Médio		
		20/21	21/22	22/23
Fonte	2	2,85	3,14	0,33
Parcelamento	2	0,16	11,21	2,41
Fonte x Parcelamento	4	11,68	2,55	1,37
Blocos	3	5,63	1,25	0,18
Erro	24	5,32	5,20	1,60
Total	35	---	---	---
CV (%)		21,00	22,11	17,45
Média Geral		10,98	10,31	7,25

**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); *significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$)

As médias para os valores de crescimento de ramos de plantas da cultivar Tupi IAC 1669-33 sob diferentes fontes (Tabela 32) e parcelamentos (Tabela 33), apresentaram que não houve significância para os tratamentos em nenhuma das safras avaliadas. Nas três safras avaliadas no experimento, os resultados de crescimento de ramos não demonstraram diferença significativa para os fatores

testados, mostrando equidade de resultados entre todas as fontes avaliadas, mesmo com a redução da dose recomendada (70%) dos fertilizantes revestidos e organominerais.

Estudos (Carvalho et al., 2010; Pereira et al., 2011; Magiero et al., 2017) enfatizam a importante correlação do desenvolvimento vegetativo com a produtividade do cafeeiro, sendo o crescimento dos ramos plagiotrópicos um dos parâmetros com maior correlação com a produtividade. Em anos de bienalidade baixa, quando há baixa frutificação, o crescimento de ramos plagiotrópicos, a formação de folhas e ramos novos substituem o fruto como dreno de carboidratos e nutrientes (Pereira et al., 2011; Magiero et al., 2017).

Tabela 32. Valores médios do crescimento de ramos de plantas da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de fontes de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

Fontes de Nutrientes	Crescimento de ramos plagiotrópicos (cm)		
	20/21	21/22	22/23
Convencional	10,78a	10,46a	7,14a
Revestido	11,53a	10,74a	7,44a
Organomineral	10,62a	9,75a	7,17a
Teste F	0,54ns	0,60ns	0,21ns
DMS (5%)	2,35	2,33	1,29
CV (%)	21,00	22,11	17,45

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ns = não significativo ($p > 0,05$).

O teste de média para o crescimento de ramos sob diferentes parcelamentos não apresentou diferença significativa para nenhuma das safras estudadas. Magiero et al. (2017) encontrou efeitos significativos para o crescimento de ramos em diferentes parcelamentos estudando plantas de café conilon no norte do Espírito Santo. Os autores enfatizaram que esses resultados podem ser afetados pela idade dos ramos avaliados, uma vez que ramos apresentam maior taxa de crescimento na fase inicial do seu desenvolvimento.

Tabela 33. Valores médios de crescimento de ramos de plantas da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de diferentes parcelamentos de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

Parcelamentos de Nutrientes	Crescimento de ramos plagiotrópicos (cm)		
	20/21	21/22	22/23
Aplicação Única	11,03a	10,35a	6,92a
Duas Parcelas	10,85a	11,26a	7,76a
Três parcelas	11,06a	9,33a	7,07a
Teste F	0,02ns	2,15ns	1,50ns
DMS (5%)	2,35	2,33	1,29
CV (%)	21,00	22,11	17,45

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ns = não significativo ($p > 0,05$).

3.2.4. Número de folhas

De acordo com o resumo da análise de variância para os valores de número de folhas nos ramos da cultivar Tupi IAC 1669-33 (Tabela 34), observou-se que a variável não foi influenciada por nenhum dos fatores testados nas safras avaliadas.

Tabela 34. Resumo da Análise de Variância para os valores médios do número de folhas (NF) de plantas da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de diferentes Fontes e Parcelamentos de nutrientes para as safras 20/21, 21/22, 22/23. UnB, Brasília - DF, 2024.

FV	GL	Quadrado Médio		
		20/21	21/22	22/23
Fonte	2	1,19	4,17	0,75
Parcelamento	2	0,87	1,34	1,57
Fonte x Parcelamento	4	2,30	1,75	1,79
Blocos	3	4,92	1,26	1,36
Erro	24	2,60	3,35	1,21
Total	35	---	---	---
CV (%)	-	19,01	22,21	16,69
Média Geral	-	8,48	8,24	6,58

As médias para os valores de número de folhas da cultivar Tupi IAC 1669-33 sob diferentes fontes (Tabela 35) e parcelamentos (Tabela 36), apresentaram que não houve significância para os tratamentos em nenhuma das safras avaliadas. Menegatti et al. (2017), apresentaram que o uso de fontes capazes de promover liberação lenta de nutrientes, permitem redução da dose recomendada quando comparada a fontes

convencionais, possivelmente pela eficiência do posicionamento dos nutrientes para a planta e por menores perdas.

Tabela 35. Valores médios de número de folhas de plantas da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de fontes de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

Fontes de Nutrientes	Número de folhas		
	20/21	21/22	22/23
Convencional	8,79a	8,24a	6,30a
Revestido	8,50a	8,83a	6,68a
Organomineral	8,16a	7,65a	6,76a
Teste F	0,46 ^{ns}	1,24 ^{ns}	0,62 ^{ns}
DMS (5%)	1,65	1,87	1,12
CV (%)	19,01	22,21	16,69

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ^{ns} = não significativo ($p>0,05$).

Os resultados do número de folhas para diferentes parcelamentos (Tabela 36) permitem inferir que não houve diferença para essa variável em relação aos tratamentos adotados. Em contrapartida, Carneiro et al. (2021) e Crisóstomo e Nascentes (2023), enfatizaram que o parcelamento se torna crucial para a boa eficiência de fertilizantes, principalmente para os convencionais, uma vez que, não possuindo elementos que retardem a liberação dos nutrientes, estão mais sujeitos a perdas por volatilização do N (Bassetto Júnior et al., 2020) e lixiviação do K (Carneiro, et al., 2021).

Tabela 36. Valores médios de número de folhas de plantas da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de diferentes doses de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

Parcelamentos de Nutrientes	Número de folhas		
	20/21	21/22	22/23
Aplicação Única	8,79a	8,23a	6,53a
Duas Parcelas	8,32a	8,58a	6,96a
Três parcelas	8,33a	7,91a	6,24a
Teste F	0,33 ^{ns}	0,40 ^{ns}	1,31 ^{ns}
DMS (5%)	1,65	1,87	1,12
CV (%)	19,01	22,21	16,69

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ^{ns} = não significativo ($p>0,05$).

3.2.5. Número de nós

De acordo com o resumo da análise de variância para os valores de número de nós nos ramos da cultivar Tupi IAC 1669-33 (Tabela 37), observou-se que não houve influência dos tratamentos adotados em nenhuma das safras avaliadas.

Tabela 37. Resumo da Análise de Variância para os valores médios do número de nós (NN) de plantas da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, em função de diferentes Fontes e Parcelamentos de nutrientes para as safras 20/21, 21/22, 22/23. UnB, Brasília - DF, 2024.

FV	GL	Quadrado Médio		
		20/21	21/22	22/23
Fonte	2	4,16	0,63	0,03
Parcelamento	2	1,34	1,48	1,03
Fonte x Parcelamento	4	1,75	0,53	0,21
Blocos	3	1,26	0,73	0,11
Erro	24	3,35	0,70	0,33
Total	35	---	---	---
CV (%)	-	22,21	16,60	17,24
Média Geral	-	8,24	5,03	3,34

As médias para os valores de número de nós de plantas da cultivar Tupi IAC 1669-33 sob diferentes fontes (Tabela 38) e parcelamentos (Tabela 39), apresentam que não houve significância para os tratamentos em nenhuma das safras avaliadas. Souza et al. (2018); Abranches et al. (2019); Guelfi (2017); Vilela et al. (2019), apresentam que outros fatores podem interferir na disponibilização e absorção dos nutrientes e consequentemente nas variáveis resposta, como, textura de solo, matéria orgânica, incidência de chuvas, cultivares e idade da cultura.

Tabela 38. Valores médios do crescimento de número de nós de plantas da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de fontes de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

Fontes de Nutrientes	Número de nós		
	20/21	21/22	22/23
Convencional	8,24a	5,05a	3,34a
Revestido	8,83a	5,25a	3,29a
Organomineral	7,65a	4,80a	3,40a
Teste F	1,24ns	0,91ns	0,1ns
DMS (5%)	1,87	0,85	0,59
CV (%)	22,21	16,60	17,24

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ns = não significativo ($p>0,05$).

Tabela 39. Valores médios de número de nós de plantas da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de diferentes parcelamentos de nutrientes as safras 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

Parcelamentos de Nutrientes	Número de nós		
	20/21	21/22	22/23
Aplicação Única	8,23a	5,16a	3,05a
Duas Parcelas	8,58a	5,31a	3,64a
Três parcelas	7,91a	4,64a	3,34a
Teste F	0,40ns	2,12ns	3,09ns
DMS (5%)	1,87	0,85	0,59
CV (%)	22,21	16,60	17,24

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ns = não significativo ($p > 0,05$).

No presente estudo podemos ainda observar a não correlação entre os resultados da Cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 e da Cultivar Tupi IAC 1669-33, mesmo em doses aproximadas entre os dois experimentos, Carvalho et al. (2010) e Poltronieri et al. (2019) afirmam que diferentes genótipos podem se comportar de forma distinta devido à eficiência particular de cada um no uso de nutrientes, provocando diferentes desempenhos na absorção e no uso dos fotoassimilados.

4. CONCLUSÃO

O Experimento I permite concluir que o aumento de doses apresenta influência positiva sobre os parâmetros de crescimento: altura de plantas, diâmetro de plantas, crescimento de ramos e número de nós. O Experimento II observa-se a possibilidade de redução de doses para fontes com tecnologia associada (revestida e organomineral) em comparação ao fertilizante convencional. A continuidade do presente experimento poderá contribuir para a formação de novos conhecimentos científicos a respeito do manejo da adubação e seus efeitos no desenvolvimento vegetativo das plantas de café.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANCHES, J.L.; SORATTO, R.P.; PERDONÁ, M.J.; PARECIDO, R.J. Arabica coffee response to rates of coated and conventional urea in sandy soil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.54, e00767, 2019.

ANDRADE JÚNIOR, Saul, Remoção de ramos ortotrópicos na poda do cafeeiro conilon e sua influência na renovação da copa, na produção e na arquitetura do sistema radicular. **Tese** (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Vitória, 2020. 58 f. : il.

ALVES, E. S. V.; **Adubação do cafeeiro jovem utilizando palha de café**. 2019. 11 f. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) - Faculdade de Ciências Humanas e Sociais da Fundação Carmelitana Mário Palmério, Monte Carmelo, 2019.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. D. **Experimentação agrícola**. 4ed. Jaboticabal: Funep, 2006. 237p.

BASSETO JÚNIOR, N.; ALVES, G. H. T.; BELLETTINI, S.; BELLETTINI, N. M T.; Parcelamento de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum Brasilense* na cultura do milho. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.6, n.11, p. 89544-89663, 2020.

CAIXETA, L. G.; ASSIS, G. A.; NASCIMENTO, L. G.; FERNANDES, M. I. S.; COTA, B. M. A.; SILVA, G. D.; NETO, R. S. Mulching de polietileno e fontes de adubo em cafeeiros: efeitos no teor de clorofila, produtividade e qualidade de bebida. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, e290111435993, 2022. ISSN 2525-3409.

CANDIDO, A. D. O.; TOMAZ, M. A.; SOUZA, A. L.; AMARAL, J. F. T.; RANGEL, O. J. P. Fertilizantes organominerais no desenvolvimento inicial do cafeeiro arábica. In: VIII Simpósio de Pesquisas dos Cafés do Brasil. **Anais...** Salvador: Simpósio dos Cafés do Brasil, 2013.

CARMO, D. L.; TAKAHASHI, H. Y. U.; SILVA, C. A.; GUIMARÃES, P. T. G. Crescimento de mudas de cafeeiro recém-plantadas: efeito de fontes e doses de fósforo. **Coffee Science**, Lavras, v.9, n.2, p.196-206, 2014.

CARNEIRO, A. A. C.; CORREIA, F. M.; MOTA, D. H.; Influência de fontes e parcelamentos de adubação na disponibilidade de nutrientes no solo. **Revista Cerrado Agrociências**, v.12, p.108-117, 2021.

CARVALHO, A. M.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, G. R.; BOTELHO, C. E.; GONÇALVES, F, M, A.; FERREIRA, A. D.; Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.3, p.269-275, 2010.

CERETTA, A. C.; DURINGON, R.; BASSO, C. J.; BARCELLOS, L. A. R.; VIEIRA, F. C. B. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.38, p.729-735, 2003.

CIVARDI, E. A.; SILVEIRA NETO, A. N. D.; RAGAGNIN, V. A.; GODOY, E. R.; BROD, E. Ureia de liberação lenta aplicada superficialmente e ureia comum incorporada ao solo no rendimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, p.52-59, 2011.

Consórcio Pesquisa Café. **Catuai Vermelho**. Disponível em: <http://www.consorciopesquisacafe.com.br/index.php/tecnologias/cultivares/501-catuai-vermelho>. Acesso em: 10/11/2024

Consórcio Pesquisa Café. **Tupi IAC 1669-33**. Disponível em: <http://www.consorciopesquisacafe.com.br/index.php/tecnologias/cultivares/498-tupi-iac-1669-33>. Acesso em: 10/11/2024

Corerato, Y. L.; **Efeito da adubação na qualidade do café: uma revisão de literatura**. Trabalho Final de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica). Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR). Araras - SP. 2023.

CRISÓSTOMO, C. A.; NASCENTES, R. F.; Adubação parcelada de nitrogênio associada a molibdênio na cultura do milho. **Open Science Research X**, v 10. 2023

DIVINO, M. F. S.; OLIVEIRA, K. C. S. Análise da cadeia global de valor da indústria do café no Brasil. **Revista de Economia e Administração**, Belo Horizonte, v. 22, n. 42, p. 97-121, 1º sem. 2023.

DUBBERSTEIN, D.; PARTELLI, F. L.; DIAS, J. R. M.; ESPINDULA, M. C. Influência da adubação no crescimento vegetativo de cafeeiros na Amazônia sul ocidental. 2017. **Coffee Science**, Lavras, v.12, n.2, p.197 - 206, 2017.

FAQUIN, V. Nutrição mineral de plantas. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183 p. FAVARIN, J.L.; MARINI, J.P. Importância dos micronutrientes para a produção de grãos. In: **SOCIEDADE NACIONAL DA AGRICULTURA**, 2000.

FAGAN, E. B.; DOURADO NETO, D.; RODRIGUES, J. D.; ONO, E. O.; REIS, M. R. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, relações hídricas e nutrição mineral**. Vol. 1. Piracicaba: Pecege editora, 2022. 192 p.: il.

FERNANDES, A. L. T.; CARVALHO, A. C. S.; BRITO, D. M.; BECKER, G.; SAI, E. N.; FRAGA JÚNIOR, E. F. Comparação da utilização de nitrato de amônio e uréia polimerizada na produtividade e maturação do cafeeiro irrigado. In: VI Simpósio de Pesquisas dos Cafés do Brasil. **Anais...** Vitória: Simpósio de Pesquisas dos Cafés do Brasil, 2009.

FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, F.; FERREIRA, R. T.; SANTINATO, R. Redução da adubação mineral do cafeeiro arábica com a utilização de palha de café. **Coffee Science**, Lavras, v.8, n.3, p.324-336, 2013a.

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, 2013b.

FRANCO, J. A. M.; SARAIVA NETO, A. Produção de fertilizantes nitrogenados e suprimentos de matéria prima. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. & VITTI, G.C., eds. **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba, IPNI, p.73-107, 2007.

FREITAS, Z. M. T. S.; OLIVEIRA, F. J. D.; CARVALHO, S. P. D.; SANTOS, V. F. D.; SANTOS, J. P. D. O. Avaliação de caracteres quantitativos relacionados com o crescimento vegetativo entre cultivares de café arábica de porte baixo. **Bragantia**, v.66, p.267-275, 2007.

GARÇON, M. V. B. **Agricultura digital no manejo nutricional da cultura do cafeeiro**. 2024. 34f. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Faculdade Estadual Paulista (UNESP). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticaval. 2024.

GEROMEL, M. E.; PEREIRA, C. E.; KIKUTI, A. L. P.; KIKUTI, H.; SILVA, J. R.; Adubos de liberação lenta em cana-de-açúcar. **Scentia Plena**, v.15, 2019.

GUELFY, D. Fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada. **Piracicaba: IPNI**, 2017.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der erde*. Gotha: verlag justus perthes. **Wall-map 150cmx200cm**, p. 91-102, 1928.

LAMBERS, Hans; CHAPIN III, F. Stuart; PONS, Thijs L. **Plant Physiological Ecology**. Cham: Springer, 2019. XXVII, 736 p. ISBN 978-3-030-29638-4

LEITE JÚNIOR, M. C. R. **Manejo da irrigação e da adubação do cafeeiro na sincronização do florescimento e na produtividade**. 2014. 121f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

MAGIERO, M.; BONOMO, R.; PARTELLI, F. L.; SOUZA, J. M. Crescimento vegetativo do cafeeiro Conilon fertirrigado com diferentes parcelamentos e doses de nitrogênio e potássio. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.11, n.1, p.31-39, 2017.

MATIELLO, J. B. **O café: do cultivo ao consumo**. São Paulo: Editora Globo, 1991. 320p.

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; ALMEIDA, S.R.; GARCIA, A.W.R. **Cultura de café no Brasil**. Manual de Recomendações. 10 ed. Varginha: Fundação Procafé, 2020. 716p.

MENEGATTI, R. D.; GUOLLO, K. NAVROSKI, M. C.; VARGAS, O. F.; Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento inicial de *Aspidosperma parvifolium* A. DC. **Scientia Agraria Paranaensis**. v.16, n.1, p.45-49, 2017.

MERA, A. C. **Crescimento vegetativo e reprodutivo do cafeeiro submetido a regimes hídricos pós-colheita e adubação fosfatada**. 2009. 53f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

MUMBACH, G. L. **Eficiência agrônômica de fertilizante organomineral à base de cama aviária e fosfato monoamônio**. 2017. 94f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2017.

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**, v.46, n.2, p.152-160, 2011.

POLTRONIERI, Y. CECON, P. R.; PEREIRA, V. V.; LOPES, L. M. V.; ARAÚJO, U. L.; RODRIGUES I. C.; Eficiência de uso de macronutrientes e correlação com o crescimento em genótipos de café. **Anais...** Vitória: Simpósio dos Cafés do Brasil, 2019.

R Core Team (2024). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

RODRIGUES, V. G. S. **Avaliação do desenvolvimento vegetativo de cafeeiros arborizados e a pleno sol**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, Circular técnica, n.112, 2009. 4p.

SANTINATO, R.; SANTINATO, F. **Composição Química do Cafeeiro: extração e exportação de nutrientes**. São Paulo: Instituto Biológico, 2019. 214p.

SANTINATO, F. et al. **Cultura do Cafeeiro: Características e Recomendações de Cultivares de Café**. Jaboticabal: FUNEP, 2021. 92p.

SANTOS, D. H.; SILVA, M. A.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; ECHER, F. R. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida 18 com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.443-449, 2011.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; FILHO, J. C. A.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. Brasília: EMBRAPA, 2018.

SMITH, G. H.; CHANEY, M.; LE, M. S. The effect of organo mineral fertilizer applications on the yield of winter wheat, spring barley, forage maize and grass cut for silage. **Journal of Environmental Protection**, v.6, n.2, p.103-109, 2015.

SOBREIRA, F. M.; GUIMARÃES, R. J.; COLOMBO, A.; SCALCO, M. S.; CARVALHO, J. G. Adubação nitrogenada e potássica de cafeeiro fertirrigado na fase de formação, em plantio adensado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v 46, p.9-16, 2011.

SOUZA, R. F. D.; FAQUIN, V.; TORRES, P. R. F.; BALIZA, D. P. Calagem e adubação orgânica: influência na adsorção de fósforo em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.975-983, 2006.

SOUZA, R. S.; HELBEL JÚNIOR, C.; REZENDE, R.; COSTA, A. R.; FREITAS, P. S. L.; TAVORE, R. V.; MALLER, A. Características de crescimento inicial de duas cultivares de cafeeiro sob diferentes regimes hídricos e níveis de fertilização NPK. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.6, p.3141-3152, 2013.

SOUZA, J. A.; ROCHA, G. C.; GOMES, M. P.; REZENDE, C. H. S.; Nitrogen dynamics in a Latosol cultivated with coffee. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.6, p.390-395, 2018.

TAIZ, L. ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Trad. Eliane Romano Santarém... [et al.] – 3.ed. – Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TEIXEIRA, W. G.; SOUSA, R.T.X.; HENRIQUE, H. M.; KORNDORFER, G. H. Produção de matéria seca, teor e acúmulo de nutrientes em plantas de milho submetidas à adubação mineral e organomineral. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, **Anais...** Uberlândia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011.

VILELA, M. S.; RAMOS, L. X.; NETTO, P. M.; FARIA, M. M. L.; BRANDÃO, L. M.; PINHEIRO, A. L. G.; PEREIRA, L. P.; SOUZA, V. H. S.; GUIMARÃES R. J.; Morfofisiologia de cafeeiros em formação submetidos a diferentes níveis de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio. In: X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. **Anais...** Vitória: Simpósio dos Cafés do Brasil, 2019.

CAPÍTULO 2 – FONTES, DOSES E PARCELAMENTOS DE NUTRIENTES NA UNIFORMIDADE DE MATURAÇÃO E PRODUTIVIDADE DO CAFEEIRO

RESUMO

São vários os fatores que interferem no desenvolvimento e na produtividade do cafeeiro. Dessa maneira, a forma imprescindível para fornecer a demanda nutricional dessa planta é a adubação. O objetivo deste trabalho foi avaliar a uniformidade de maturação e produtividade dos grãos de plantas submetidas a diferentes fontes, doses e parcelamentos de nutrientes. Para isso foram desenvolvidos dois experimentos. O Experimento I foi instalado em uma lavoura de café Catuaí Vermelho IAC 144, com delineamento experimental em blocos casualizados, contendo 16 plantas por parcela, no esquema fatorial 3x4 com quatro repetições, sendo três fontes de nutrientes (convencional, revestida e organomineral) em quatro doses (50, 75, 100 e 125% da dose recomendada para a cultura). O experimento II foi desenvolvido na cultivar Tupi, em blocos casualizados, contendo 16 plantas por parcela, no esquema fatorial 3x3 em quatro repetições, com três tipos de fertilizantes (convencional, revestido e organomineral) e três parcelamentos (novembro, novembro-janeiro, novembro-dezembro-janeiro). Os experimentos foram realizados na lavoura localizada no Campus Experimental Canavial – UNIPAM, implantada há 12 anos. Foram escolhidas quatro plantas centrais por parcela para serem feitas as avaliações, colhidas pelo método de derriça manual no pano. A produtividade de grãos e uniformidade de maturação dos frutos foram avaliadas no local, logo após a colheita. Para o Experimento I, o tratamento que apresentou melhor uniformidade de maturação foi o revestido à 100%. Os valores de produtividade, apresentaram interação, indicando maiores produtividades para as fontes revestida e organomineral nas doses de 100 e 125%, enquanto a fonte convencional apresentou resultados superiores em todas as doses testadas. O experimento II, apresentou para uniformidade de maturação, melhor desempenho para as fontes convencional e organomineral em três parcelas, sendo que a organomineral ainda obteve melhor resultado entre as fontes para os três parcelamentos, enquanto o revestido se destacou no parcelamento de aplicação única e duas aplicações. Apenas na última safra a produtividade foi influenciada tanto pelas fontes como pelos parcelamentos, em que observou-se o melhor desempenho da fonte convencional quando parcelada. O uso de fontes com tecnologia associada, contribuiu com o aumento dos parâmetros produtivos avaliados. O parcelamento de fontes sem tecnologia de liberação lenta se tornou essencial para elevação da produtividade e uniformidade de maturação, enquanto as fontes revestidas e organomineral apresentaram melhoria dos parâmetros produtivos mesmo quando utilizados em duas parcelas, devido a sua capacidade de liberação lenta de nutrientes.

Palavras-chave: *Coffea arabica*; Colheita do café; fonte revestida; organomineral, Cafeicultura.

ABSTRACT

There are several factors that interfere in the development and productivity of the coffee plant. Thus, the essential way to supply the nutritional demand of this plant is fertilization. The objective of this study was to evaluate the uniformity of maturation and yield of grains from plants submitted to different nutrient sources, doses and splits. For this, two experiments were developed. Experiment I was carried out in a Catuaí Vermelho IAC 144 coffee plantation, with a randomized block design, containing 16 plants per plot, in a 3x4 factorial scheme with four replications, with three nutrient sources (conventional, coated and organomineral) at four doses (50, 75, 100 and 125% of the recommended dose for the crop). Experiment II was carried out in the Tupi cultivar, in randomized blocks, containing 16 plants per plot, in a 3x3 factorial scheme in four replications, with three types of fertilizers (conventional, coated and organomineral) and three splits (November, November-January, November-December-January). The experiments were carried out in the plantation located at the Experimental Campus Canavial – UNIPAM, implemented 12 years ago. Four central plants were chosen per plot to be made the evaluations, collected by the manual derriça method on the cloth. Grain yield and fruit maturation uniformity were evaluated on site, right after harvest. For Experiment I, the treatment that presented the best uniformity of maturation was the 100% coated. The yield values showed interaction, indicating higher yields for the coated and organomineral sources at doses of 100 and 125%, while the conventional source presented superior results in all doses tested. Experiment II showed for uniformity of maturation, better performance for the conventional and organomineral sources in three plots, and the organomineral also obtained better results among the sources for the three installments, while the coated one stood out in the installment of single application and two applications. Only in the last harvest was productivity influenced by both sources and installments, in which the best performance of the conventional source was observed when installments. The use of sources with associated technology contributed to the increase of the productive parameters evaluated. The splitting of sources without slow release technology became essential to increase productivity and maturation uniformity, while the coated and organomineral sources showed improvement in the productive parameters even when used in two plots, due to their capacity for slow release of nutrientes.

Keywords: *Coffea arabica*; Coffee harvest; coated fountain; organomineral, Coffee growing.

1. INTRODUÇÃO

O cafeeiro é uma planta pertencente ao gênero *Coffea*. O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café. De acordo com as informações da Companhia Nacional de Abastecimento, a produção de café foi de 55,07 milhões de café beneficiado, produção de 1,8% superior à colhida em 2022, com total de 2,24 milhões de hectares em todo o país, neste total 1,87 milhões de hectares são destinados a lavouras já em produção. A produtividade média do país é de 29,4 scs.ha⁻¹ enquanto a média de Minas Gerais é de 26,8 scs ha⁻¹, com cerca de 40% de suas lavouras irrigadas o estado mineiro obteve aumento de 32,1% colhido na safra anterior (CONAB, 2023).

De acordo com Viana et al. (2019), vários agentes interferem no desenvolvimento e na produtividade do cafeeiro, sendo assim, o controle da adubação na planta é imprescindível para fornecer sua demanda nutricional, uma vez que, quando os nutrientes não são fornecidos de maneira adequada, há interferência no metabolismo das plantas, resultando em atraso no seu crescimento. Nesse sentido, altos investimentos são feitos todos os anos com a finalidade de nutrir, de forma adequada, as plantas de café. Desse modo, vem sendo acarretada a criação e o desenvolvimento de diversas linhas de pesquisas em que se destaca a utilização de fontes que maximizem o aproveitamento das adubações, tornando-as mais eficientes (Sandy et al., 2018).

Um fator importante para a produtividade da lavoura cafeeira é a composição mineral do grão, que pode variar com o estado nutricional e com a quantidade de compostos orgânicos e compostos nitrogenados. Outros coeficientes significativos são o local de cultivo, a variedade do café, as adubações, entre outros (Malta et al., 2003). Assim, para garantir o uso eficiente das principais fontes de nutrientes, destaca-se a combinação entre fertilizantes orgânicos e minerais. Dessa maneira, é possível obter maior rentabilidade com o aumento da fertilidade do solo (Cavalcante et al., 2020).

Dentre as fontes de fertilizantes disponíveis no mercado, os fertilizantes de liberação lenta são tecnologias que tem despertado atenção. Esses fertilizantes são recobertos por substâncias de natureza inorgânica, orgânica e resinas sintéticas, tais como polímeros, enxofre elementar e poliamidas, o que permitem a liberação desse nutriente ao longo do tempo e tem sido associada à alta eficiência (Guareschi et al., 2011). Outra tecnologia disponível para adubação são os fertilizantes organominerais,

os quais se caracterizam por apresentar, em sua composição, tanto fertilizantes minerais quanto orgânicos. Na cultura do cafeeiro, o uso dessa tecnologia tem sido considerado benéfico, resultando no melhor desenvolvimento da planta, por exemplo (Candido et al., 2013).

Mediante as diferentes fontes de nutrientes disponíveis no mercado e a sua importância na produtividade e na qualidade da produção, é necessário que estudos sejam desenvolvidos para avaliar o efeito que elas causam em diferentes doses e épocas de aplicação no cafeeiro, buscando determinar qual será a melhor adubação a ser utilizada e em qual período será mais eficaz. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de grãos e percentual de frutos cereja de lavoura de café submetida a diferentes fontes de nutrientes, doses e parcelamentos da aplicação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição da área experimental

Para o desenvolvimento deste estudo foi utilizada a lavoura de café do Centro Universitário de Patos de Minas, do Campus Experimental Canavial localizada nas coordenadas 18°36'34"S 46°29'16"W e altitude de 891 m, com total de 1,2 ha. De acordo com a classificação proposta por Köppen e Geiger (1928) o clima presente no local é tropical, com inverno mais seco que o verão. Apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco). A temperatura média do mês mais frio é superior a 18 °C. A média de precipitação anual é de 1296 mm.

A lavoura apresenta espaçamento 2,7 m entrelinhas com distanciamento de 0,5 m entre plantas. Configurando sistema adensado de aproximadamente 7400 plantas por hectare em cultivo de sequeiro, implantado há 12 anos.

No controle da disponibilidade de água, foram registrados rotineiramente os índices de pluviosidade por meio de pluviômetro instalado na área. Os dados de pluviosidade da área do estudo da safra 2020/2021 (Figura 1) apresentam também a demarcação das plantas para o experimento, a época de adubação e a coleta de amostras de desenvolvimento vegetativo. As precipitações apresentaram picos em outubro e dezembro, com 200,6 e 155 mm³ respectivamente, se acentuando novamente em fevereiro com 330,2 mm³, para a safra de 2020/2021. Observou-se na Figura 1 a execução das adubações referentes aos tratamentos nos meses de novembro, dezembro e janeiro, as marcações referentes as medições de

desenvolvimento de parte aérea no mês de novembro e as coletas de dados do desenvolvimento de parte aérea no mês de maio.

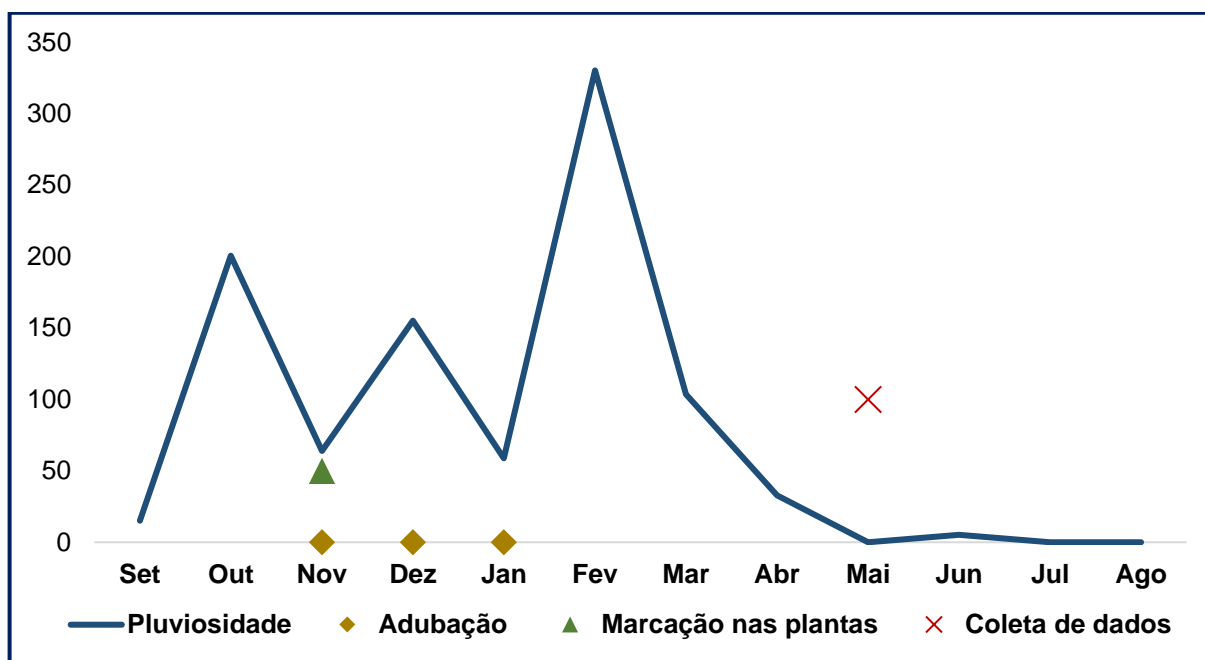


Figura 1. Dados de pluviosidade da área experimental durante a safra 2020/2021. Campus Experimental Canavial, Patos de Minas- MG, 2024.

Os dados de pluviosidade da área do estudo da safra 2021/2022 (Figura 2) observa-se que o período chuvoso se intensificou a partir de outubro, chegando a 429,4 mm³ no mês de janeiro, caindo posteriormente até o mês de março com 48,8 mm³ e tendo pequena elevação em abril, com 122,4 mm³. Na figura estão apresentadas as épocas de adubação, seguindo os meses de novembro, dezembro e janeiro, bem como a marcação das plantas para análise de desenvolvimento de parte aérea e a posterior coleta de dados no mês de maio.

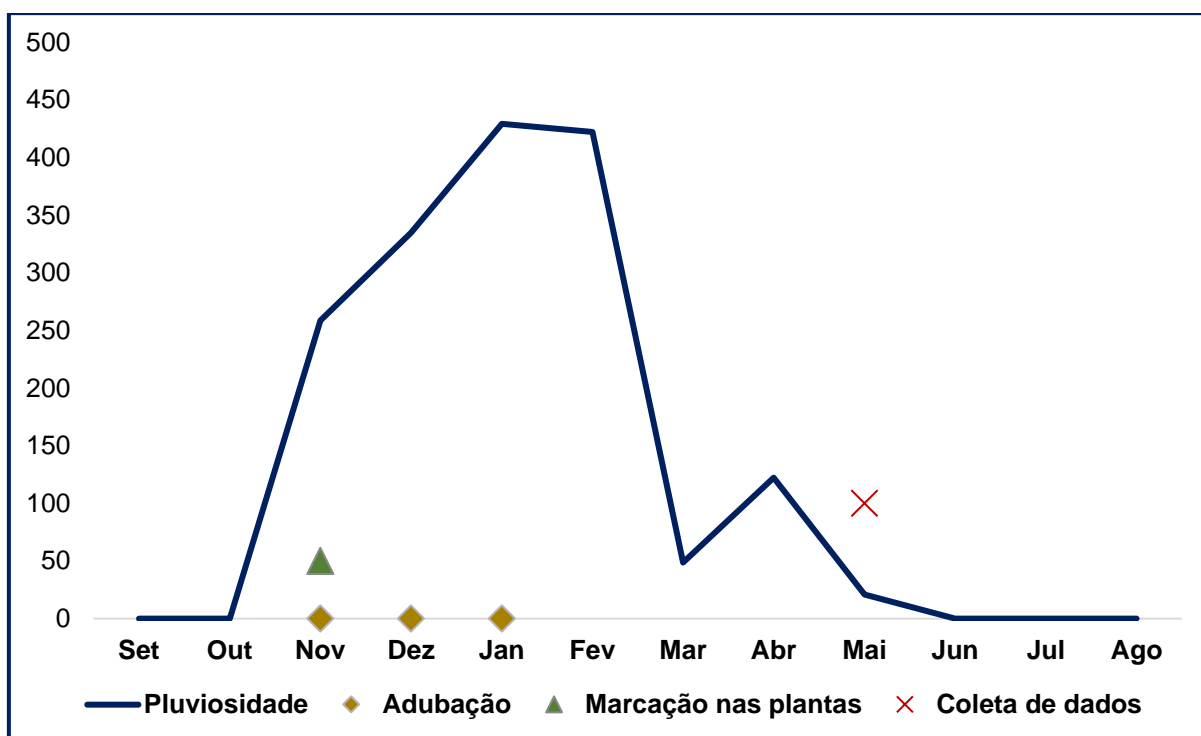


Figura 2. Dados de pluviosidade da área experimental durante a safra 2021/2022. Campus Experimental Canavial, Patos de Minas- MG, 2024.

Os dados de pluviosidade da área do estudo da safra 2022/2023 (Figura 3), apresentam a pluviosidade para a safra 2022/2023 na Fazenda Canavial, em que é possível observar o aumento crescente das chuvas com pico no mês de dezembro, atingindo 274 mm³, a partir daí houve redução das chuvas até o mês de fevereiro com 164 mm³. No mês de março houve aumento na precipitação para 179 mm³, reduzindo até a chegada dos meses de seca. A adubação, marcação das plantas e coleta dos dados seguiram as mesmas épocas dos anos anteriores.

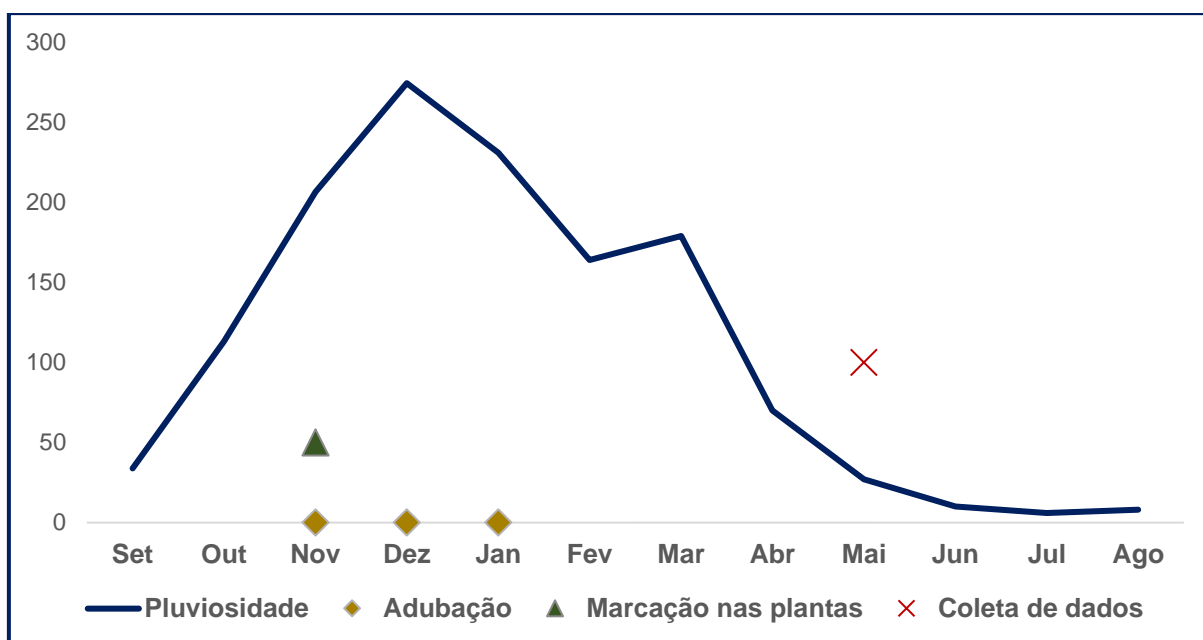


Figura 3. Dados de pluviosidade da área experimental durante a safra de 2022 a 2023. Campus Experimental Canavial, Patos de Minas- MG, 2024.

O solo presente na área é o Latossolo, classificação dada aos solos de intemperismo avançado das regiões tropicais. O horizonte diagnóstico dos Latossolos é o horizonte B Latossólico (Bw). De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (Santos et al., 2018).

Antes da instalação do experimento foi realizada coleta de amostras de solo na profundidade de 0-20 cm para subsequente caracterização química feita na Central de Análise e Fertilidade do Solo (CEFERT), localizado no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), Patos de Minas-MG. O resultado da análise de solos realizadas nos locais dos dois experimentos foram organizados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado da análise de solo da área experimental antes da instalação do experimento (UnB, Brasília - DF, 2024).

Propriedades e características	Experimento I	Experimento II
Areia (g kg ⁻¹) ¹	278,00	278,00
Silte (g kg ⁻¹) ¹	352,00	352,00
Argila (g kg ⁻¹) ¹	370,00	369,00
pH _{H2O} ²	5,10	4,90
COT (dag kg ⁻¹) ³	1,86	1,86
MOS (dag kg ⁻¹) ³	3,21	3,27
P-Remanescente (mg L ⁻¹) ⁴	10,05	10,08
P-Mehlich ¹ (mg dm ⁻³) ⁵	89,24	76,01
K ⁺ (mg dm ⁻³) ⁵	128,00	173,00
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³) ⁶	3,19	1,56
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³) ⁶	0,87	0,64
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³) ⁶	0,15	0,20
H + Al (cmol _c dm ⁻³) ⁷	5,40	5,48
Soma de bases (cmol _c dm ⁻³)	4,39	2,64
t (cmol _c dm ⁻³)	4,54	4,54
T (cmol _c dm ⁻³)	9,78	8,75
V (%)	44,80	33,00
m (%)	3,31	19,0
B (mg dm ⁻³) ⁵	0,23	0,23
Cu (mg dm ⁻³) ⁵	20,60	20,62
Fe (mg dm ⁻³) ⁵	56,60	56,60
Mn (mg dm ⁻³) ⁵	68,40	68,40
Zn (mg dm ⁻³) ⁵	17,00	17,00
S (mg dm ⁻³) ⁸	30,87	30,90

¹Análise granulométrica pelo método da pipeta; ²Densidade do solo pelo método da proveta; ³Relação solo-água 1:2,5; ⁴Método Walkley-Black; ⁵Solução de CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ contendo 60 mg L⁻¹ de P; ⁶Mehlich¹: HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹; ⁷Solução de KCl 1 mol L⁻¹; ⁸Solução de C₄H₆CaO₄ a pH 7; ⁹Ca(H₂PO₄)₂H₂O em ácido acético.

2.2. Cultivar Catuaí vermelho IAC 144

Para o Experimento I foi utilizado a cultivar Catuaí IAC 144. Originado do cruzamento da cultivar Caturra Amarelo IAC 4756 com a linhagem de Mundo Novo IAC 374-19. Com porte baixo, frutos de coloração avermelhada apresentando maturação média a tardia. Com produtividade média de 25 a 35 sacas/ha para sequeiro, ótima qualidade de bebida, adaptável a maioria das regiões cafeeiras, tomando a cultivar mais plantada no Brasil apesar de apresentar susceptibilidade às principais pragas e doenças (Santinato et al., 2021).

A cultivar foi lançada para fins comerciais em 1972 pelo IAC e registrada no Registro Nacional de Cultivares em 1999 (RNC). Suscetíveis à ferrugem e aos nematoides, mas possuem elevado vigor, pode chegar a 2,4 m de altura e 2,1 m de diâmetro de copa. Possui internódios curtos e ramificação secundária abundante, com um sistema radicular bem desenvolvido. As folhas novas são de cor verde clara e as adultas verde escuro. A maturação dos frutos ocorre entre maio e junho (Consórcio Pesquisa Café, 2024).

2.3. Cultivar Tupi IAC 1669-33

Para o Experimento II foi utilizado a cultivar Tupi IAC 1669-33. Essa cultivar foi o resultado do cruzamento de Villa Sarchi CIFC 971/10 com Híbrido de Timor CIFC, com porte baixo e frutos que alcançam a maturação em tempo médio, com coloração vermelho escuro. Seu diferencial é a coloração bronzeada das brotações novas, apresentando resistência a ferrugem (Santinato et al., 2021).

A cultivar foi oficialmente lançada em 2000, seu registro no RNC ocorreu em 1999. Os frutos grandes, vermelhos e de formato arredondado. Indicada para plantios adensados, superadensados ou em renque, muito utilizada pela cafeicultura familiar (Consórcio Pesquisa Café, 2024).

2.4. Práticas culturais

Antes da instalação do experimento todas as cultivares receberam o tratamento recomendado para a cultura do café, seguindo as recomendações propostas por Santinato e Santinato (2019) e Matiello et al. (2020). Com base na análise de solo, foi feita aplicação em área total de Boro, utilizando 40 kg ha⁻¹ de Ulexita, mais Cálcio e Magnésio e correção de pH aplicando 1,5 ton ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 85%) na linha, com o objetivo de corrigir as deficiências nutricionais do solo apresentadas na análise.

A relação de aplicações de defensivos, princípio ativo, dose e previsão da aplicação seguiu o modelo já adotado na propriedade. Foi realizada a primeira aplicação contendo fungicida e inseticida. A segunda aplicação com inseticida, visando a prevenção da broca do café. Por fim, a terceira aplicação foi feita com fungicidas, inseticidas e cobre. Tal prevenção se torna necessária, pois uma vez que a broca penetra o fruto o inseticida não mais o controla. O cobre se faz necessário para cicatrizar as estruturas danificadas. As aplicações se mantiveram nos anos

subsequentes visando prevenção e controle das principais doenças e pragas com histórico de ocorrência na área (Tabela 02) (Matiello, et al., 2020).

O controle de plantas daninhas foi realizado com a capina manual, associado à aplicação de herbicidas pré e pós-emergentes. Antes da colheita, utilizou-se o implemento trincha acoplado ao trator para facilitar a colheita dos grãos do chão (catação e varrição). Para o controle da ferrugem e cercosporiose foi utilizado a aplicação do fungicida de forma preventiva, adotando os princípios ativos dos grupos Estrobilurina, Triazol, Piraclostrobina e carboxamida, kocide dwg (hidróxido de cobre) (Mesquita, 2016; Matiello et al., 2020).

O bicho mineiro, praga com maior histórico de incidência na área, teve seu controle realizado via foliar, com as aplicações intercaladas de inseticidas do grupo Antranilamida, Neonicotinóides, e também inseticida sistêmico com ação de contato e ingestão dos grupos químicos Metilcarbamato de oxima + Benzoilureia, e Avermectina, este último também atuando no controle da Broca do cafeeiro. Para o controle da Broca do cafeeiro, também foi realizado o manejo cultural, adotando a catação e retirada dos grãos da lavoura após a colheita (Matiello et al., 2020).

Nos anos que se seguiram ao primeiro ano de implantação do experimento as aplicações foram sendo realizadas de forma preventiva e conforme incidência de doenças e pragas na área do experimento.

Tabela 02. Cronograma de aplicação de defensivos agrícolas contendo princípio ativo, dose/ha, e data aproximada de aplicação. UnB, Brasília - DF, 2024.

Aplicação		Princípio Ativo	Dose/ha	Aplicação	Data
1ª Entrada	Inseticida	Cloranthraniliprole	0,09 lt	Pós Florada	Novembro
	Fungicida	Tebuconazol e a Trifloxistrobina:	1 tl		
	Fungicida	Hidróxido de cobre	2 kg		
	Adjuvante	---	0,15 lt		
2ª Entrada	Inseticida	Cloranthraniliprole + Abamectina	1 lt	Preventivo	Dezembro
	Fungicida	Fluxapiroxade e o Piraclostrobina	0,5 lt		
	Fungicida	hidróxido de cobre	2 kg		
	Adjuvante	---	0,15 lt		
3ª Entrada	Inseticida	Tiametoxam	2 Kg	Preventivo	Janeiro
	Fungicida	Epoxiconazol + Piraclostrobina	1,5 lt		
	Fungicida	hidróxido de cobre	2 kg		
	Adjuvante	---	0,15 lt		
4ª Entrada	Inseticida	Cloranthraniliprole + Abamectina	1 lt	Preventivo	Fevereiro
	Fungicida	Fluxapiroxade e o Piraclostrobina	0,5 lt		
	Fungicida	hidróxido de cobre	2 kg		
	Adjuvante	---	0,15 lt		
5ª Entrada	Inseticida	Metomil+Novalurom	0,5 lt	Preventivo	Março
	Fungicida	Epoxiconazol + Piraclostrobina	1,5 lt		
	Fungicida	hidróxido de cobre	2 kg		
	Adjuvante	---	0,15 lt		
6ª Entrada	Inseticida	Metomil+Novalurom	0,5 lt	Pós Colheita	Abril
	Fungicida	Fluxapiroxade e o Piraclostrobina	0,5 lt		
	Fungicida	hidróxido de cobre	2 kg		
	Adjuvante	---	0,15 lt		

Todos os anos após a colheita, foi realizada a desbrota das plantas retirando dessa forma os brotos ladrões, em seguida foi feita a limpeza das entrelinhas. Após a desbrota foi realizada a quarta aplicação com cobre para promover a cicatrização das estruturas da planta possivelmente danificadas durante a colheita. As recomendações de adubação foram realizadas com base na interpretação da análise do solo (Tabela 1) e tomando como base o proposto por Santinato e Santinato (2019) para uma produtividade de 60 scs ha⁻¹, e seguidas nas três safras do experimento. Os resultados da análise foliar da cultura do café são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Teores de NPK da análise foliar da área experimental de café Catuaí e Tupi antes da implantação do experimento (UnB, Brasília - DF, 2024).

Nutriente	N	P	K
Teor do nutriente nas folhas (g kg ⁻¹) Exp. I	2,81	1,42	2,27
Teor do nutriente nas folhas (g kg ⁻¹) Exp. II	2,80	1,30	1,29

N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio

2.5. Implantação do experimento

O experimento foi iniciado no segundo semestre de 2020, em lavoura com 12 anos de idade, as parcelas foram marcadas seguindo as linhas de cultivo no sentido Noroeste-Sudeste, em virtude das curvas de nível e declividade do terreno. Na primeira safra, 2020/2021, o experimento foi implantado no mês de novembro, havendo também adubações nos meses de dezembro e janeiro. Os tratamentos foram repetidos nas safras 2021/2022 e 2022/2023. As adubações foram realizadas em superfície sob projeção da copa com base no proposto por Matiello et al. (2020). As fontes de nutrientes que foram utilizadas como tratamentos foram: mineral convencional, revestido e organomineral farelado, com a descrição da formulação NPK e dose (Tabela 4).

Tabela 4. Formulação dos fertilizantes utilizados nos experimentos, com sua respectiva dose em (kg ha⁻¹) e teor de nutrientes UnB, Brasília - DF, 2024

Tratamento	Fertilizante	Dose (kg ha ⁻¹)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Preço ha ⁻¹
Mineral convencional	20-02-20	2.000	400	40	400	4.466,00
Mineral revestido	16-02-16	2.500	400	50	400	5.527,50
Organomineral farelado	14-02-14	2.857	400	50	400	7.342,49

N = nitrogênio; P₂O₅ = fosfato; K₂O = óxido de potássio

As fontes de nutrientes utilizadas como tratamentos foram compostos por adubação mineral convencional com composição 20-02-20; Adubação mineral revestido com tecnologia kimcoat® que previne a volatilização do N, em formulação 16-02-16. A Adubação organomineral, em que em suas fontes de minerais e orgânicos (cama de frango) possuem formulação 14-02-14, em sua composição o organomineral apresenta 43,35% de matéria orgânica, 2,91% de MAP, 28,8% de Ureia e 1,01% de geopeletizador.

2.6. Experimento I

O experimento foi desenvolvido na cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, em que cada parcela do tratamento foi constituída de 16 plantas totais, sendo 10 plantas centrais consideradas úteis para as análises, as três plantas das extremidades de cada lado foram consideradas como bordadura. O esquema do experimento ficou estabelecido como fatorial 3 x 4, sendo o fator um determinado pelas três fontes de nutrientes (mineral convencional, mineral com polímero e organomineral farelado) e o fator dois, composto pelas quatro doses, sendo 50, 75, 100 e 125% da dose recomendada de N (400 kg ha^{-1}) e K (400 kg ha^{-1}) de acordo com Matiello et al. (2020). Sendo quatro repetições, totalizando 48 parcelas e 768 plantas. Os Tratamentos com as fontes de fertilizantes, percentual das doses e composição química NPK são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Tratamentos utilizados no experimento da lavoura da cultivar de café Catuaí, com sua respectiva dose e teor de nutrientes UnB, Brasília - DF, 2024.

Tratamento	Fonte	% da dose recomendada	Dose (kg ha^{-1})	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
T1	Mineral Convencional	125	2500,0	500	50	500
T2	Mineral Convencional	100	2000,0	400	40	400
T3	Mineral Convencional	75	1500,0	300	30	300
T4	Mineral Convencional	50	1000,0	200	20	200
T5	Mineral Revestido	125	3125,0	500	62,5	500
T6	Mineral Revestido	100	2500,0	400	50	400
T7	Mineral Revestido	75	1875,0	300	33	300
T8	Mineral Revestido	50	1250,0	200	20	200
T9	Organomineral	125	3571,2	500	62,5	500
T10	Organomineral	100	2857,0	400	50	400
T11	Organomineral	75	2142,0	300	40	300
T12	Organomineral	50	1428,0	200	20	200

N = nitrogênio; P₂O₅ = fosfato; K₂O = óxido de potássio

Bordadura	B1	B2	B3	B4	Bordadura
	T1	T1	T5	T13	
	T6	T10	T7	T1	
	T10	T6	T9	T2	
	T7	T13	T11	T5	
	T4	T9	T10	T9	
	T13	T11	T12	T4	
	T12	T2	T1	T10	
	T11	T3	T13	T12	
	T5	T7	T3	T11	
	T8	T5	T4	T6	
	T3	T8	T6	T3	
	T2	T12	T8	T7	
	T9	T4	T2	T8	
Bordadura					

Figura 4. Croqui apresentando a disposição dos tratamentos de Fontes e Doses utilizados no experimento da lavoura da cultivar de café Catuaí Vermelho IAC 144, UnB, Brasília - DF, 2021.

2.7. Experimento II

O Experimento II, implantado na cultivar Tupi IAC 1669-33, tem como variáveis as fontes de nutrientes, o parcelamento da aplicação da adubação. Também composto por 16 plantas por parcela, em quatro repetições, com nove tratamentos, aplicados em 576 plantas. O esquema do experimento constitui fatorial 3 x 3 sendo o fator um as três fontes de nutrientes (mineral convencional, mineral com polímero e Organomineral farelado), o fator dois foi composto pelos três parcelamentos da adubação (Tabela 06).

Tabela 6 – Tratamentos utilizados no experimento da lavoura da cultivar de café Tupi IAC 1669-33 UnB, Brasília - DF, 2024.

Tratamento	Fonte	% da dose	Parcela	Total (kg ha ⁻¹)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
T1	Mineral Conv.	100	1	2000,0	400	40	400
T2	Mineral Conv.	100	2	2000,0	400	40	400
T3	Mineral Conv.	100	3	2000,0	400	40	400
T4	Mineral Rev.	70	1	1750,0	280	30	280
T5	Mineral Rev.	70	2	1750,0	280	30	280
T6	Mineral Rev.	70	3	1750,0	280	30	280
T7	Organomineral	70	1	2000,0	280	40	280
T8	Organomineral	70	2	2000,0	280	40	280
T9	Organomineral	70	3	2000,0	280	40	280

N = nitrogênio; P₂O₅ = fosfato; K₂O = óxido de potássio

O experimento foi implantado na safra 2020/2021 e seus tratamentos foram repetidos nas safras seguinte 2021/2022 e 2022/2023. A escolha das épocas de aplicação se deu em função do manejo nutricional já adotado na lavoura da fazenda, e seguindo também a recomendação proposta por Matiello et al. (2020) e Santinato e Santinato (2019), em que o processo de adubação foi realizado nos meses de novembro, dezembro e janeiro.

Tabela 7. Datas referentes aos parcelamentos das adubações, UnB, Brasília - DF, 2024.

Tratamento	Parcelas	Adubações ano	1º Adubações ano	2º Adubações ano	3º Adubações ano
Uma aplicação	Aplicação Única	05/11/2021	05/11/2021	05/11/2022	
Duas aplicações	1ª Parcela	05/11/2021	05/11/2021	05/11/2022	
	2ª Parcela	07/01/2022	07/01/2022	21/01/2023	
Três aplicações	1ª Parcela	05/11/2021	05/11/2021	05/11/2022	
	2ª Parcela	10/12/2021	10/12/2021	22/12/2022	
	3ª Parcela	07/01/2022	07/01/2022	21/01/2023	

As doses utilizadas (Tabela 8) constituíram em 100% da recomendada para o fertilizante convencional, enquanto para os fertilizantes organominerais e revestidos foi adotado 70% da dose, a partir de recomendações visando a redução da dose total, tendo em vista a redução das perdas e maior disponibilidade dos nutrientes para as plantas quando comparados aos adubos convencionais como proposto por Fernandes et al. (2009), Civardi et al. (2011), Fernandes et al. (2013b).

Tabela 8. Tratamentos utilizados no experimento da lavoura da cultivar de café Tupi, com sua respectiva dose em (kg parcela⁻¹) e teor de nutrientes, UnB, Brasília - DF, 2024.

Tratamento	Fertilizante	Dose em kg parcela ⁻¹	Época 1	Época 2	Época 3
			nov	dez	jan
Mineral convencional 100%	20-02-20	4,32	4,32	-	-
Mineral com polímero 70%	16-02-16	3,78	3,78	-	-
Organomineral farelado 70%	14-02-14	4,32	4,32	-	-
Mineral convencional 100%	20-02-20	4,32	2,16	-	2,16
Mineral com polímero 70%	16-02-16	3,78	1,89	-	1,89
Organomineral farelado 70%	14-02-14	4,32	2,16	-	2,16
Mineral convencional 100%	20-02-20	4,32	1,44	1,44	1,44
Mineral com polímero 70%	16-02-16	3,78	1,26	1,26	1,26
Organomineral farelado 70%	14-02-14	4,32	1,44	1,44	1,44

A distribuição dos tratamentos em cada bloco foi realizada por sorteio, o croqui dessa distribuição é apresentado na Figura 5.

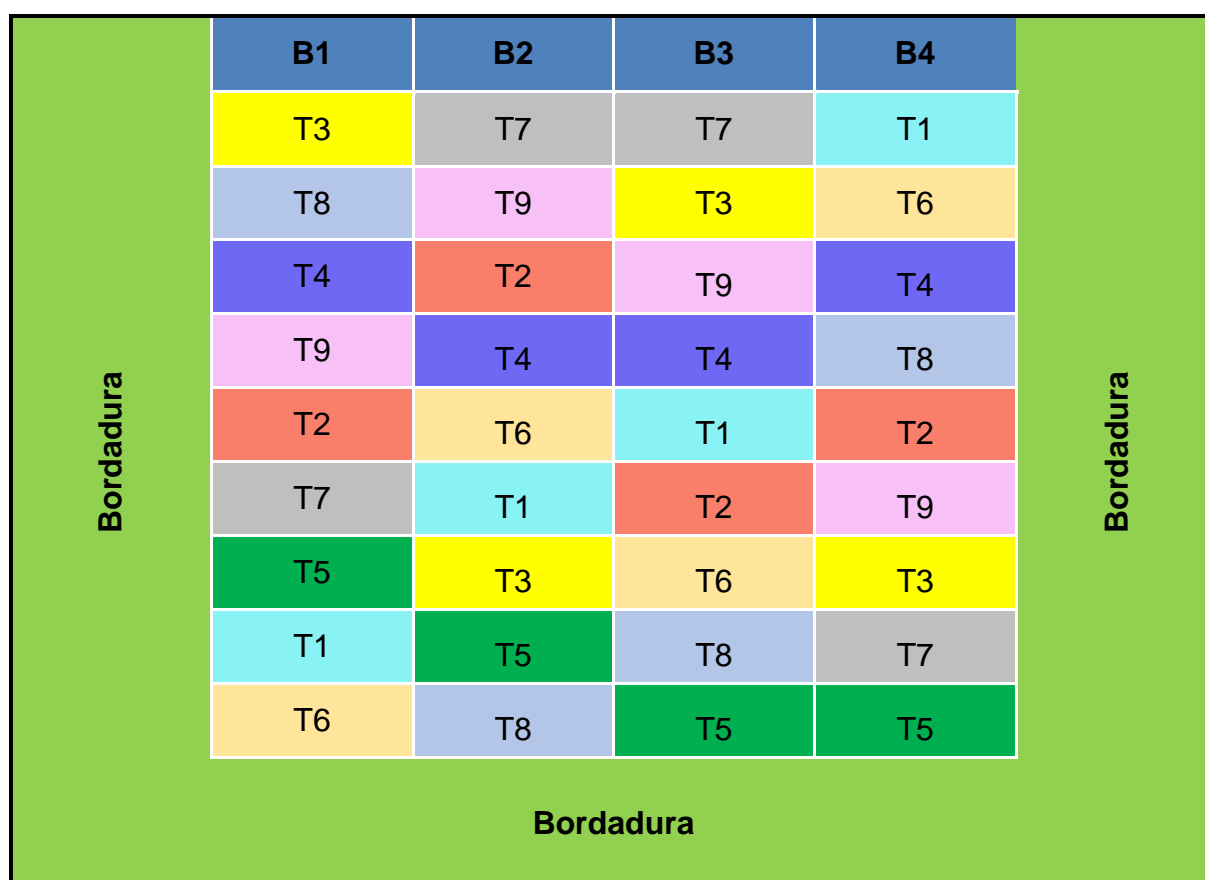


Figura 5. Croqui apresentando a disposição dos tratamentos de fontes e parcelamentos utilizados no experimento da lavoura da cultivar de café Tupi IAC 1669-33, UnB, Brasília - DF, 2021.

2.8. Avaliação dos fatores componentes da produção

A colheita do café foi iniciada no dia 21 de junho do ano de 2021 seguindo a programação já realizada na propriedade. No ano de 2022 a colheita foi iniciada no dia 5 de julho. No último ano do experimento a colheita foi realizada a partir do dia 8 de junho. Foram escolhidas as quatro plantas do meio de cada parcela, essas plantas foram completamente colhidas através dos métodos de derriça no pano. Todos os grãos foram reunidos, as impurezas foram retiradas, em seguida iniciou-se o processo de avaliação.

2.8.1. Uniformidade de maturação

Para análise do percentual de frutos nos diferentes estádios de maturação, do volume total de café colhido em cada parcela, o café colhido foi homogeneizado e em seguida foi retirada uma amostra de três litros para separação manual dos frutos verde, verde cana, cereja, passa e seco, seguindo a metodologia proposta por Fernandes (2021).

2.8.2. Produtividade de grãos

Para as avaliações de produtividade foram colhidas quatro plantas centrais dentro de cada parcela. A colheita dos frutos foi executada manualmente, por meio de derriça, depois avaliou-se a produção de café, na qual primeiramente foi contabilizado o volume de frutos em litros por parcela e, sucessivamente, a conversão para volume por hectare utilizando a equação I (Moreira, 2020):

$$VT = \frac{VA}{n} N \quad (I)$$

em que: VT é o volume total estimado; VA é o volume da amostra colhido; n é o número de plantas colhidas na parcela e N é o número total de plantas por hectare.

Após a determinação do volume produzido pela parcela, os frutos foram homogeneizados e uma amostra de um litro foi retirada, despejada em superfície clara e em seguida, foram separados de acordo com o grau de maturação (Moreira, 2020). Retirou-se cinco litros para secagem em terreiro suspenso (cama africana). Esse volume foi acondicionado em saco de tela, tradicionalmente conhecido com saco de cebola.

A secagem foi conduzida até que o produto chegou à umidade de 11%, determinada por leitura digital. Foi então realizada a determinação do volume do café em coco, em seguida, as amostras foram beneficiadas e novamente foi determinada

a massa e o volume do café. Com base no volume da amostra do café colhido no pano e da massa da amostra beneficiada, foi determinada a produção por parcela, para posteriormente extrapolar para a produtividade em scs ha⁻¹.

Para o cálculo estimado de produtividade de café beneficiado por hectare, adotou-se como referência metodologia proposta por Moreira (2020), utilizando a equação II:

$$Produtividade = (VT \cdot \frac{PCB}{VA}) / 60 \quad (II)$$

em que: VT é o volume total estimado; PCB é o peso corrigido beneficiado; VA é o volume da amostra colhido.

O cálculo do Peso corrigido Beneficiado foi realizado para corrigir a massa obtida de acordo com a umidade verificada, utilizando a equação III:

$$PCB = P ((100 - Umidade\ aferida) / (100 - 11)) \quad (III)$$

em que: PCB é o peso corrigido beneficiado e P é o peso da amostra beneficiado.

2.9. Análise estatística

A normalidade dos dados foi verificada com a utilização do software estatístico R (R Development Core Team, 2024). Os dados foram analisados no esquema fatorial, em que todos foram submetidos à análise de variância pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, como as recomendações de Banzatto e Kronka (2006). No experimento I foram adotados teste de média para identificar significância entre as fontes adotadas e análise de regressão para os tratamentos de doses de fertilizantes, para as quais foram apresentadas as equações que melhor explicaram as variáveis analisadas. No Experimento II foi realizado teste de média identificar significância entre as fontes e parcelamentos adotados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Experimento I

3.1.1. Uniformidade de maturação

De acordo com o resumo da análise de variância (Tabela 09), verificou-se que houve significância para a interação dos dois fatores analisados na safra 21/22.

Tabela 09. Resumo da Análise de Variância para os valores médios do percentual de frutos cereja da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes Fontes e Doses de nutrientes para as safras 20/21, 21/22, 22/23. UnB, Brasília - DF, 2024.

FV	GL	Quadrado Médio		
		20/21	21/22	22/23
Fonte	2	133,78	44,92	109,54
Dose	3	98,62	23,30	142,05
Fonte x Dose	6	151,40	59,76**	138,97
Blocos	3	288,74	23,09	797,33
Erro	33	118,79	15,09	164,68
Total	47	---	---	---
CV (%)	-	27,88	50,43	22,39
Média Geral	-	39,09	7,70	54,32

**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$)

A uniformidade de maturação foi medida através do percentual de frutos cereja presentes na colheita. Não foi verificado interação entre os dois fatores avaliados para as safras 2020/2021 e 2022/2023. As médias para os valores percentuais de grãos cereja para diferentes fontes de nutrientes (Tabela 10) mostram que não houve diferença significativa entre os tratamentos, assim como as médias observadas para diferentes doses adotadas (Tabela 11). Os dados diferem dos observados por Jara et al. (2019), que observaram o aumento de frutos cereja em determinadas associações da adubação com matéria orgânica. O efeito de fertilizantes associados à matéria orgânica pode estar sujeitos às condições ambientais e como essas condições irão afetar a mineralização e solubilização da matéria orgânica.

Tabela 10. Valores médios do percentual de frutos cereja da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de fontes de nutrientes para as safras 2020/2021 e 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

Fontes de Nutrientes	Frutos Cereja (%)	
	20/21	22/23
Convencional	35,9a	60,3a
Revestido	41,5a	56,0a
Organomineral	39,9a	55,6a
Teste F	1,13 ^{ns}	0,67 ^{ns}
DMS (5%)	9,46	11,14
CV (%)	27,88	22,39

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ^{ns} = não significativo ($p > 0,05$).

Avaliando fontes de N convencionais e protegidas, Lima et al. (2016) observaram que fontes protegidas proporcionaram maior pegamento de frutos. Alegando que este nutriente está presente em diversos componentes essenciais à formação e pegamento dos frutos, tais como, purinas e alcaloides, aminoácidos, enzimas, vitaminas e moléculas de clorofila. Outrossim, Candido et al. (2013) evidenciaram em seu trabalho que o fertilizante organomineral granulado apresentou médias mais significativas no desenvolvimento cafeeiro, devido ao maior aporte de nutrientes, tendo influência possivelmente em tais resultados, o conteúdo de matéria orgânica na composição do fertilizante.

Tabela 11. Valores médios do percentual de frutos cereja da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes doses de nutrientes para as safras 2020/2021 e 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

Doses de Nutrientes	Frutos Cereja (%)	
	2020/2021	2022/2023
50	42,9a	58,4a
75	38,6a	61,7a
100	36,0a	54,4a
125	38,8a	54,8a
Teste F	0,83 ^{ns}	0,86 ^{ns}
DMS (5%)	12,04	14,18
CV (%)	27,88	22,39

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ^{ns} = não significativo (p>0,05).

As médias de percentuais de grãos cereja verificadas na safra de 2021/2022 apresentaram interação entre as fontes e as doses avaliadas (Tabela 12), mostrando que no segundo ano do experimento a fonte revestida com 100% da dose recomendada apresentou maior percentual de frutos cereja quando comparada às demais. Tal comportamento pode ser explicado pelo fornecimento da dose adequada via fonte capaz de regular a liberação dos nutrientes, como apresentado por Malta et al. (2003). Lima et al. (2016) apresentaram que diferentes fontes no 1º ano não influenciaram a maturação, enquanto já no segundo ano, mostrou maior uniformidade para a Ureia agrícola a 300 kg ha⁻¹ e para o nitrato de amônio nas doses de 210 e 300 kg ha⁻¹. Os valores baixos encontrados nos percentuais de grãos cereja para a respectiva safra podem ser explicados pela parcela ter sido colhida tardiamente devido a falta de mão de obra disponível para a atividade, sendo assim, houveram maiores percentuais de frutos passas e secos em detrimentos dos cerejas.

Tabela 12. Valores médios do percentual de frutos cereja da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes fontes e doses de nutrientes para a safra de 2021/2022. UnB, Brasília - DF, 2024.

Doses de Nutrientes	Dose			
	50	75	100	125
	----- %-----			
Convencional	7,1Aa	4,5Aa	5,1Ab	11,7Aa
Revestido	8,1Ba	6,9Ba	15,8Aa	7,6Ba
Organomineral	3,3Aa	9,4Aa	5,0Ab	8,0Aa
Teste F (Fontes x Doses)		3,96**		
DMS - Fontes dentro de Doses		3,37		
DMS - Doses dentro de fontes		4,29		
CV (%)		50,43		

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Foi feito o ajuste de modelo de regressão para os valores de uniformidade de maturação para a safra 21/22 (Figura 06), os valores de uniformidade de maturação para a fonte convencional obtiverem 98,77% dos dados explicados pela equação, além do coeficiente de determinação ser significativo a 5% de probabilidade. Os valores de uniformidade de maturação para a média das fontes obtiveram 95,54% dos dados explicados pela equação, apresentado coeficiente de determinação significativo a 5%.

O maior percentual de grãos cereja no momento da colheita reflete uniformidade de maturação da produção, fator consideravelmente importante para determinação da qualidade de bebida, como apresentado por Malta et al. (2003), mostrando que o fruto cereja proporciona melhor qualidade de bebida.

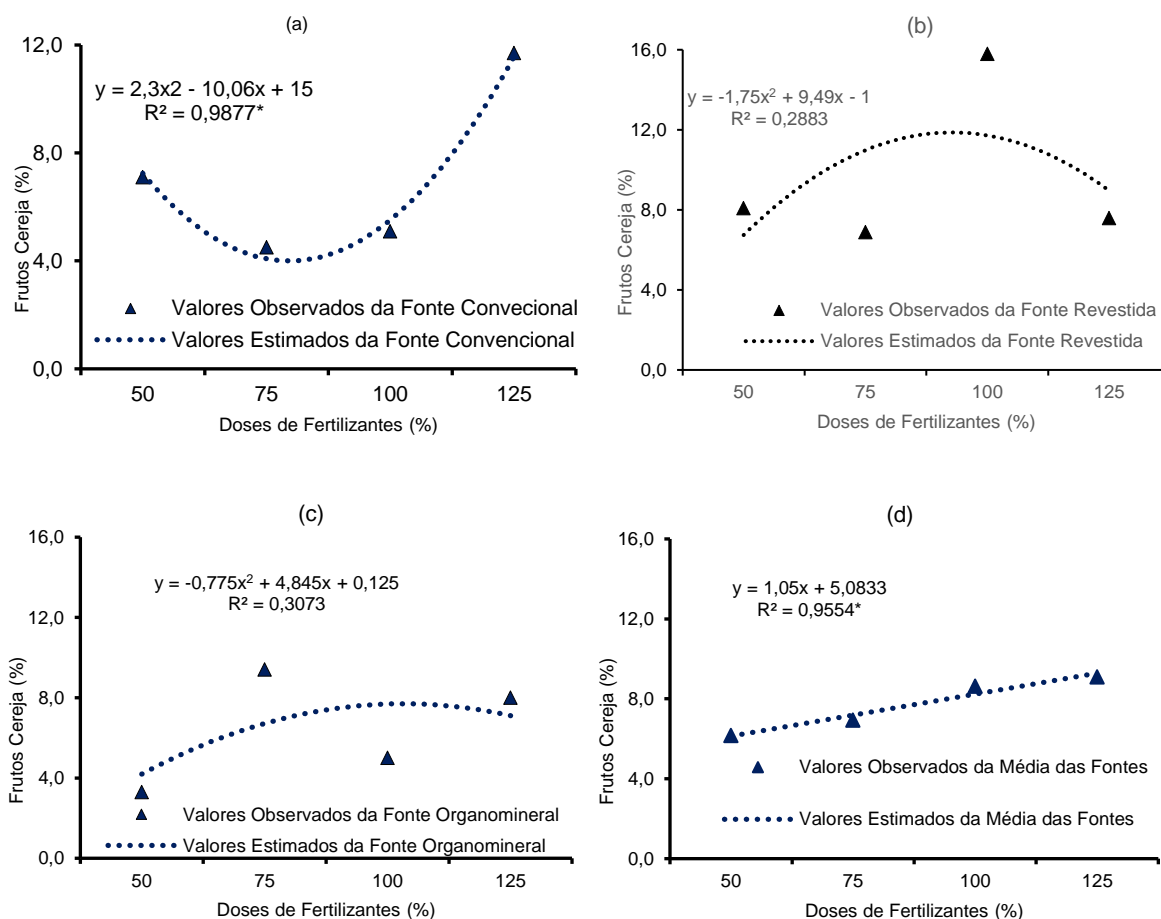


Figura 06. Valores experimentais e estimados do percentual de Frutos Cereja em função de diferentes doses da Fonte Convencional (a); Revestida (b); Organomineral (c) e Média Geral (d) para a safra 2021/2022. *significativo a 5% de probabilidade ($p < 0.05$). UnB, Brasília - DF, 2024.

3.1.2. Produtividade de grãos

O resumo da análise de variância para a variável produtividade (Tabela 13), denota significância para a interação dos dois fatores avaliados na safra 21/22 e significância para as doses avaliadas na safra 22/23.

Os valores médios de produtividade sob diferentes fontes (Tabela 14) mostram que não houve significância para as fontes testadas nos anos de 2020/2021 e 2022/2023. Estes resultados estão de acordo com Malta et al. (2003). Vitória et al (2019) avaliando diferentes doses de fertilizante fosfatado revestido com polímero e fertilizante convencional na produtividade do café conilon evidenciaram que o fato do fertilizante potássico ser revestido por polímeros não influenciou significativamente a produtividade do cafeeiro conilon. Nesse sentido, Silva (2017), não encontrou efeitos distintos entre as características avaliadas quando estudava a influência de fontes de

fertilizantes organominerais e de liberação lenta na qualidade e produção do cafeeiro, corroborando com o presente estudo.

Tabela 13. Resumo da Análise de Variância para os valores médios de produtividade da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes Fontes e Doses de nutrientes para as safras 20/21, 21/22, 22/23. UnB, Brasília - DF, 2024.

FV	GL	Quadrado Médio		
		20/21	21/22	22/23
Fonte	2	1,76	151,58	0,13
Dose	3	0,69	207,33	5,85**
Fonte x Dose	6	3,34	65,16**	0,65
Blocos	3	2,54	3,51	0,45
Erro	33	3,28	11,52	0,65
Total	47	---	---	---
CV (%)		8,04	29,25	3,97
Média Geral		22,52	11,60	20,43

**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$)

Tabela 14. Valores médios de produtividade da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de fontes de nutrientes. UnB, Brasília - DF, 2024.

Fontes de Nutrientes	Sc ha ⁻¹	
	2020/2021	2022/2023
Convencional	22,3a	20,5a
Revestido	23,0a	20,4a
Organomineral	22,4a	20,4a
Teste F	0,54 ^{ns}	0,20 ^{ns}
DMS (5%)	1,57	0,70
CV (%)	8,04	3,97

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ^{ns} = não significativo ($p > 0,05$).

Os valores médios de produtividade sob diferentes doses (Tabela 15) permitem inferir que na safra 2022/2023, a dose de 50% obteve produtividade abaixo das demais, em seu terceiro ano recebendo nutrientes abaixo do recomendado a cultura apresentou queda na produtividade, uma vez que nesse período, houve provável redução de suas reservas nutricionais. Resultados semelhantes foram encontrados por Lima et al. (2016), observando em três safras avaliadas, que o uso de doses elevadas ao longo dos anos, apresentou incremento em relação à doses menores, os autores defendem a importância do N na formação e produção de culturas perenes.

Malta et al. (2003) verificaram comportamentos semelhantes para a mesma variável quando submetida à diferentes fontes e doses.

Tabela 15. Valores médios de produtividade da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes doses de nutrientes. UnB, Brasília - DF, 2024.

Doses de Nutrientes	Sc ha ⁻¹	
	2020/2021	2022/2023
50	22,2a	19,5b
75	22,7a	20,6a
100	22,6a	20,5a
125	22,7a	21,2a
Teste F	0,21 ^{ns}	8,91 ^{**}
DMS (5%)	2,00	0,89
CV (%)	8,04	3,97

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ^{**}significativo a 1% de probabilidade (p <0.01); ^{ns} = não significativo (p>0,05).

Foi observada interação entre fontes e doses (Tabela 16), na safra de 2021/2022. A fonte revestida e organomineral resultaram em maiores produtividade de grãos, quando utilizados nas doses de 100 e 125%. Para Jara et al. (2019) a matéria orgânica presente no organomineral aumenta a disponibilidade de nutrientes no solo através da bioestimulação da atividade dos microrganismos, uma vez que aumentam a atividade enzimática e melhoram a porosidade no solo, favorecendo a produtividade.

O fertilizante convencional não apresentou diferença entre as doses adotadas, mostrando valores elevados mesmo para as doses de 50 e 75% quando comparadas às demais fontes. Resultados assim podem ser explicados pela lenta disponibilização de nutrientes dos fertilizantes revestidos e organominerais, retardando o desenvolvimento reprodutivo da planta quando comparados aos fertilizantes convencionais, que disponibilizam os nutrientes mais rapidamente. Com tudo, podemos verificar que nas doses de 50% e 75%, houve menor desempenho para as fontes revestida e organomineral. Em contrapartida com esses resultados, Fernandes et al. (2009), avaliando fontes convencionais e alternativas de nitrogênio na produtividade do café arábica, concluiu que o uso da uréia revestida atingiu resultados mais satisfatórios do que comparada à ureia convencional em todas as doses testadas.

Tabela 16. Valores médios de produtividade da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes fontes e doses de nutrientes para a safra de 2021/2022. UnB, Brasília - DF, 2024.

Doses de Nutrientes	Dose			
	50	75	100	125
	-----sc ha ⁻¹ -----			
Convencional	12,1Aa	18,4Aa	12,8Aa	17,1Aa
Revestido	4,7Bb	5,0Bb	12,6Aa	15,1Aa
Organomineral	5,6Bb	3,6Bb	14,9Aa	17,5Aa
Teste F (Fontes x Doses)	5,65**			
DMS - Fontes dentro de Doses	2,95			
DMS - Doses dentro de fontes	3,75			
CV (%)	29,25			

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de tukey a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Comparando também as médias das safras 2020/2021 e 2022/2023 (Tabelas 14 e 15), com as médias da safra 2021/2022 (Tabela 16), podemos observar a queda na produtividade do cafeeiro. Um dos motivos que possivelmente contribuiu para tal resultado é a lavoura se encontrar em ano de baixa produção na safra (2021/2022), devido à bienalidade do cafeeiro. No estudo de Nacif (1997), avaliando a fenologia e produtividade do cafeeiro sob diferentes densidades de plantio e doses de fertilizante, relatou em seu estudo que na primeira safra houve produção muito elevada o que propiciou na safra seguinte produção de apenas 14,6% do ano anterior. De modo geral os valores observados para a produtividade são baixos, tendo em vista uma recomendação para 60 sc ha⁻¹, esse comportamento pode ser explicado pela idade avançada das plantas do estudo.

Em uma análise de viabilidade econômica dos tratamentos adotados, observa-se que o uso da fonte convencional a 75% da dose, que foi o melhor tratamento da presente safra (Tabela 16) apresentou um custo por hectare de 3.349,50 R\$, obtendo uma produtividade de 18,4 sc ha⁻¹, considerando a saca de café com valores de 2.236,76 R\$ (B3, 2024), observou-se uma produção bruta de 41.156,38 R\$. As fontes revestidas e organomineral obtiveram resultados estatisticamente iguais para a dose a 100 e a 125%, logo, considerando um custo de adubo de 5.527,50, obtendo uma produção estimada em 29.443,17 por hectare para a fonte revestida, e um custo de 7.342,49 R\$ com valor estimado de produção por hectare de 33.327,72 R\$ para o organomineral.

Foi feito o ajuste de modelo de regressão linear para os valores de produtividade para a safra 22/23 (Figura 07), em que a equação explica 83,89% dos dados, além do coeficiente de determinação ser significativo a 1% de probabilidade. O comportamento da linha de tendência permite inferir ganho na produtividade com o aumento da dose adotada na cultivar Catuaí Vermelho IAC 144.

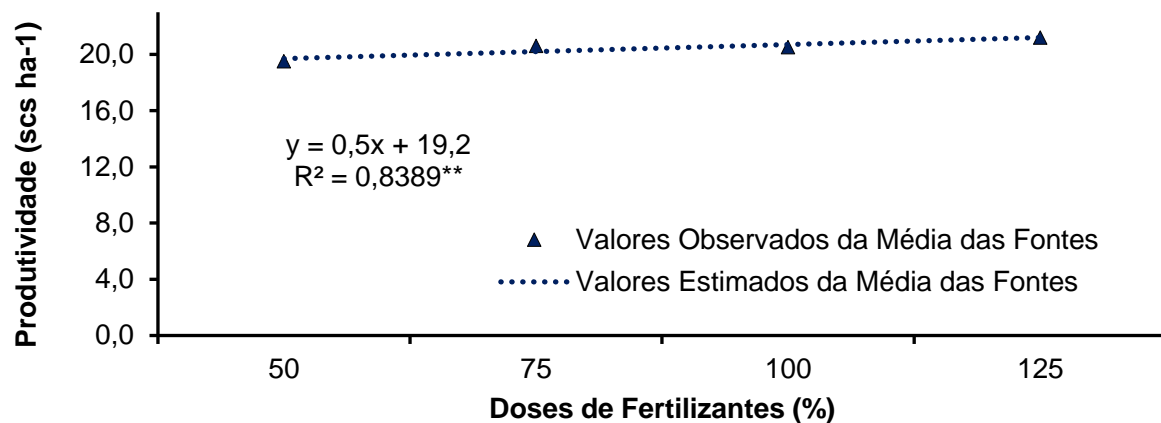


Figura 07. Valores médios observados e estimados de produtividade de grãos da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 para diferentes doses de nutrientes na safra 22/23. *significativo a 5% de probabilidade ($p < 0.05$). UnB, Brasília - DF, 2024.

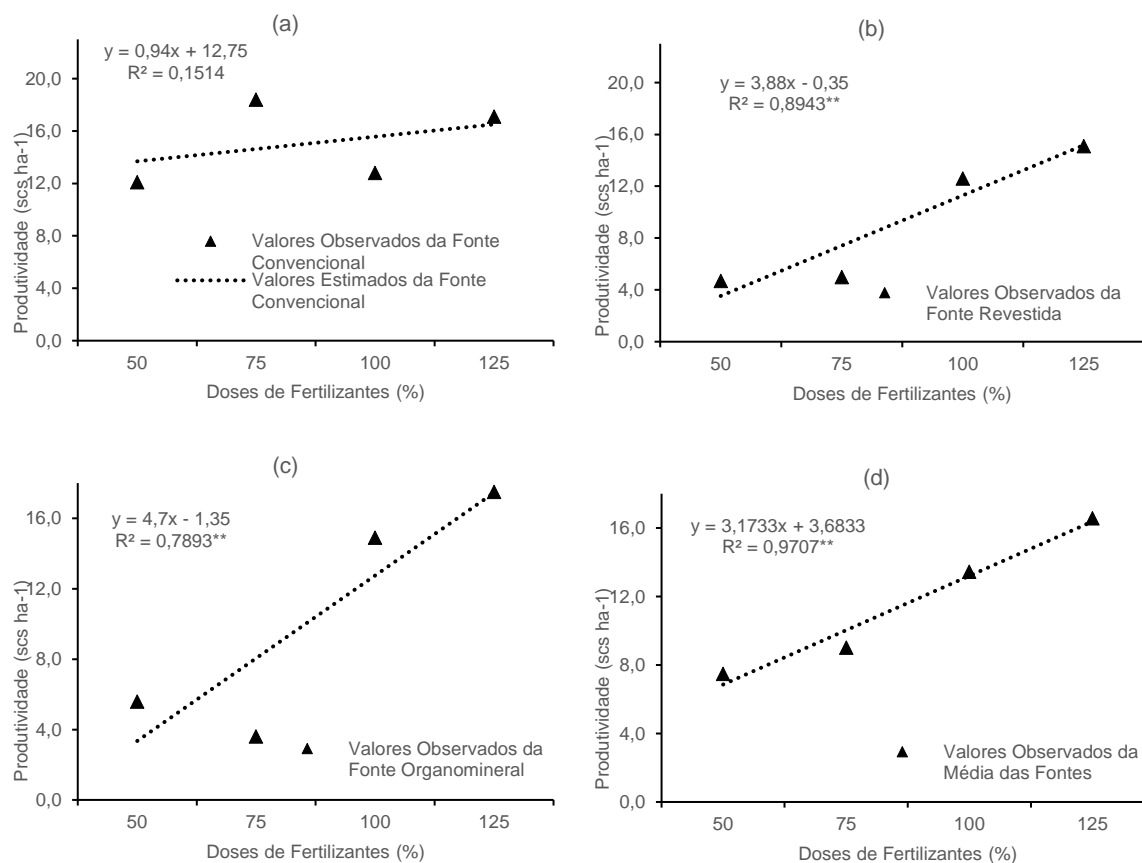


Figura 08. Valores experimentais e estimados da produtividade em função de diferentes doses da Fonte Convencional (a); Revestida (b); Organomineral (c) e Média Geral (d) para a safra 2021/2022. *significativo a 5% de probabilidade ($p < 0.05$). UnB, Brasília - DF, 2024.

3.2. Experimento II

3.2.1. Uniformidade de maturação

De acordo com o resumo da análise de variância para as médias de percentual de grãos cereja (Tabela 17), verificou-se que houve significância para a interação dos dois fatores analisados na safra 21/22.

Tabela 17. Resumo da análise de variância para os valores médios de frutos cereja da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de diferentes fontes e parcelamentos de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022, 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

FV	GL	Quadrado Médio		
		20/21	21/22	22/23
Fonte	2	77,54	129,60**	134,77
Parcelamento	2	287,99	14,02	210,83
Fonte x Parcelamento	4	64,09	26,06**	111,12
Blocos	3	386,23	16,14	250,80
Erro	24	159,56	3,71	172,05
Total	35	---	---	---
CV (%)		24,86	9,13	23,86
Média Geral		50,81	21,10	54,97

**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$).

Os valores médios do percentual de grãos cereja, sob diferentes fontes de nutrientes (Tabela 18) não apresentaram diferença significativa para as safras 20/21 e 22/23. Silva (2017) corrobora com estes dados, uma vez que não encontrou diferença significativa avaliando uniformidade de maturação com o uso de organominerais e adubos de liberação lenta. Para a maturação e obtenção de maior porcentagem de frutos em mesmo estágio (cereja), outros fatores podem influenciar além do manejo nutricional, seja por fontes e parcelamentos distintos, tais como fatores climáticos e o genótipo adotado (cultivar).

Tabela 18. Valores médios do percentual de frutos cereja da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de fontes de nutrientes para as safras 20/21 e 22/23. UnB, Brasília - DF, 2024.

Fontes de Nutrientes	Frutos Cereja (%)	
	20/21	22/23
Convencional	47,93a	51,37a
Revestido	52,72a	55,54a
Organomineral	51,79a	58,00a
Teste F	0,62 ^{ns}	0,46 ^{ns}
DMS (5%)	12,88	13,38
CV (%)	24,86	23,86

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ns = não significativo ($p > 0,05$).

Os valores médios do percentual de grãos cereja, sob diferentes parcelamentos de nutrientes (Tabela 19) não apresentaram diferença significativa para as safras 20/21 e 22/23.

Tabela 19. Valores médios do percentual de frutos cereja da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de diferentes parcelamentos de nutrientes para os anos 20/21, 22/23. UnB, Brasília - DF, 2024.

Parcelamentos de Nutrientes	Frutos Cereja (%)	
	20/21	22/23
Aplicação Única	45,21a	52,33a
Duas Parcelas	52,94a	52,78a
Três parcelas	54,29a	59,80a
Teste F	0,19 ^{ns}	0,31 ^{ns}
DMS (5%)	12,88	13,38
CV (%)	24,86	23,86

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ^{ns} = não significativo ($p > 0,05$).

Os valores médios do Percentual de grãos cereja, sob diferentes fontes e parcelamentos de nutrientes (Tabela 20) apresentaram interação significativa para as safras 21/22. É possível observar que a fonte convencional apresentou desempenho superior em três aplicações, enquanto a fonte revestida não demonstrou diferença entre os parcelamentos, por sua vez a fonte organomineral apresentou seu melhor desempenho em três parcelamentos. Também é possível inferir que a fonte convencional teve desempenho inferior que a fonte organomineral nos três diferentes parcelamentos, e inferior à fonte revestida para a adubação em um e dois parcelamentos. Jara et al. (2019) encontrou resultados positivos da associação de matéria orgânica com nutrientes minerais e seus efeitos sobre a produção de cafés cereja.

Vale lembrar que a fonte convencional foi fornecida em 100% da recomendação, enquanto as outras duas fontes foram fornecidas em 70% da recomendação, fato este que evidencia a eficiência dos fertilizantes de liberação lenta. Observou-se que a fonte convencional pode também gerar picos de nutrientes disponíveis em determinados períodos e escassez em outros (Malta et al., 2003; Lima et al. 2016).

Outro ponto importante a ser destacado é que na safra 21/22, única safra em que se encontrou diferença significativa de uniformidade de maturação no presente experimento, as médias de frutos cereja foram inferiores aquelas encontradas nas

safras 20/21 e 22/23, mostrando que em anos de bienalidade baixa a adubação exerceu maior influência sobre essa variável.

Tabela 20. Valores médios do percentual de frutos cereja da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de diferentes fontes e parcelamentos de nutrientes para a safra 21/22. UnB, Brasília - DF, 2024.

Fontes de Nutrientes	Parcelamento		
	Aplicação Única	Duas Parcelas	Três Parcelas
		-----%-----	
Convencional	15,09Bb	16,36Bb	20,47Ab
Revestido	24,01Aa	23,75Aa	21,05Ab
Organomineral	23,24ABa	20,53Ba	25,39Aa
Teste F (Fontes x Parcelamentos)		34,93**	
DMS - Fontes dentro de Parc.		3,40	
DMS – Parc. dentro de fontes		3,40	
CV (%)		9,13	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de tukey a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade.

3.2.2. Produtividade de grãos

De acordo com o resumo da análise de variância para as médias de produtividade (Tabela 21), verificou-se que houve interação entre os dois fatores analisados na safra 22/23.

Tabela 21. Resumo da análise de variância para os valores médios de produtividade da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de diferentes fontes e parcelamentos de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022, 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

FV	GL	Quadrado Médio		
		20/21	21/22	22/23
Fonte	2	3,53	0,88	11,82**
Parcelamento	2	0,98	0,32	2,70*
Fonte x Parcelamento	4	4,87	9,02	3,04**
Blocos	3	0,96	10,72	1,86
Erro	24	1,98	7,28	0,73
Total	35	---	---	---
CV (%)		6,09	20,39	4,08
Média Geral		23,11	13,24	20,97

**significativo a 1% de probabilidade (p<0.01); *significativo a 5% de probabilidade (p<0.05).

Os valores médios de produtividade, sob diferentes fontes de nutrientes (Tabela 22) não apresentaram diferença significativa para as safras 20/21 e 21/22. Os dados

mostram que as fontes não diferiram entre si, mesmo as fontes revestida e organomineral sendo utilizadas com 70% da dose recomendada, frente à dose convencional que foi utilizada na totalidade da recomendação, o melhor desempenho das fontes de liberação lenta ocorre possivelmente devido à proteção dos nutrientes de contato direto com o solo, reduzindo a fixação do P, a lixiviação do K (Shaviv, 2001; Guareschi et al., 2011), e a volatilização do N (Fernandes et al., 2009) aumentando seu aproveitamento pela planta.

Tabela 22. Valores médios de produtividade da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de fontes de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022. UnB, Brasília - DF, 2024.

Fontes de Nutrientes	(Sc ha ⁻¹)	
	20/21	21/22
Convencional	23,43a	12,93a
Revestido	22,48a	13,35a
Organomineral	23,42a	13,43a
Teste F	0,19ns	0,89ns
DMS (5%)	1,44	2,75
CV (%)	6,09	20,39

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ^{ns} = não significativo (p>0,05).

Os valores médios de produtividade sob diferentes parcelamentos de nutrientes (Tabela 23) não apresentaram diferença significativa para as safras 20/21 e 21/22. Shaviv (2001) apresenta que fontes de liberação lenta podem ainda apresentar economia nos processos de adubação, por reduzirem a necessidade de parcelamento no fornecimento de nutrientes, reduzindo a entrada de máquinas na lavoura, evitando o atraso de aplicações em épocas limitantes.

Tabela 23. Valores médios de produtividade da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de diferentes parcelamentos de nutrientes para os anos 2020/2021, 2021/2022. UnB, Brasília - DF, 2024.

Parcelamentos de Nutrientes	Sc ha ⁻¹	
	20/21	21/22
Aplicação Única	23,27a	13,30a
Duas Parcelas	23,28a	13,35a
Três parcelas	22,78a	13,05a
Teste F	0,62ns	0,98ns
DMS (5%)	1,44	2,75
CV (%)	6,09	20,39

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ns = não significativo ($p > 0,05$).

Os valores médios de produtividade sob diferentes fontes e parcelamentos de nutrientes (Tabela 24) apresentaram interação para a safra 22/23. A fonte convencional obteve melhor desempenho quando utilizada em três aplicações, enquanto a fonte revestida não apresentou diferença entre os parcelamentos adotados, isso pode ser explicado pela liberação lenta de nutrientes, permitindo sua disponibilização ao tempo que a planta é capaz de absorver, observando o comportamento das fontes, em aplicação única e em dois parcelamentos, a fonte convencional obteve desempenho inferior. Essas características de fontes com tecnologias de liberação lenta permitem menores parcelamentos, ou mesmo aplicações únicas reduzindo processos no manejo da adubação (Shaviv, 2001; Guareschi et al., 2011).

O aumento da produtividade com o uso de fertilizantes revestidos e/ou organominerais, pode ser explicado pela liberação contínua e equilibrada dos nutrientes permitindo que a planta exerça uma absorção oportuna no momento da formação e enchimento dos grãos (Silva, 2017; Jara et al., 2019).

O parcelamento da adubação permite um fornecimento gradual dos nutrientes, mesmo para fontes sem tecnologia de liberação lenta, aumentando dessa forma a eficiência de absorção pelas plantas, maximizando a eficiência da adubação e evitando desequilíbrios nutricionais, a respeito do N que em desequilíbrio pode induzir a vegetação da planta em detrimento da frutificação (Coelho et al., 2009).

Em uma análise econômico dos tratamentos adotados, é possível observar os valores da produção obtidos, organomineral em duas parcelas, com um custo de adubo por hectare de 5.139,74 R\$ obteve uma produtividade estimada em 50.841,55 R\$. Outro ponto importante é que a fonte convencional em três parcelas apresenta

um custo de fertilizantes de 4.466,00 com uma produtividade estimada em 46.636,45. Para a fonte revestida, observando que a produtividade para a aplicação única foi estatisticamente igual a duas e três parcelas, o custo em adubos para um hectare foi estimado em 3.869,25 com um valor bruto de produtividade estimado em 47.240,37 por hectare. É importante ressaltar que o presente estudo não abarca os custos envolvidos na operação de adubação, custos que envolver combustível, desgaste dos equipamentos, mão de obra e também todo o tempo despendido para a atividade, sendo assim, tecnologias que reduzam o número de operações de determinada atividade podem ser adotadas por gestores e proprietários rurais, tendo em vista a agilidade de processos requerida em uma empresa rural, dessa forma, fontes revestidas tendem a ganhar espaço na cultura cafeeira.

Tabela 24. Valores médios de produtividade da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de diferentes fontes e parcelamentos de nutrientes para a safra 22/23. UnB, Brasília - DF, 2024.

Fontes de Nutrientes	Parcelamento		
	Aplicação Única	Duas Parcelas	Três Parcelas
		-----%-----	
Convencional	19,08Bb	19,54ABb	20,85Aa
Revestido	21,12Aa	22,13Aa	21,13Aa
Organomineral	21,36ABa	22,73Aa	20,76Ba
Teste F (Fontes x Parcelamentos)		16,11**	
DMS - Fontes dentro de Parcelamentos		1,51	
DMS - Parcelamentos dentro de fontes		1,51	
CV (%)		4,08	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de tukey a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade.

4. CONCLUSÃO

O Experimento I demonstrou que as variáveis uniformidade de maturação e produtividade são influenciadas positivamente pelo uso de fontes com tecnologia associada (revestida e organomineral) bem como pelo aumento das doses utilizadas. O Experimento II permite inferir que a fonte convencional apresenta melhores resultados de produtividade e uniformidade de maturação à medida em que se aumenta o parcelamento, em contrapartida, seu uso em parcela única apresenta resultados abaixo das demais. O uso de fontes com tecnologia associada permite a redução de doses e de número de aplicações.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.D. **Experimentação agrícola**. 4ed. Jaboticabal: Funep, 2006. 237p.

B3. **Opções sobre Futuro de Café Arábica Tipo 4/5**. 2024. Disponível em: https://www.b3.com.br/pt_br/produtos-e-servicos/negociacao/commodities/ficha-do-produto-8AA8D0CD6D41D523016D45F45B8F7BCC.htm. Acesso em: 23 de dezembro de 2024.

CANDIDO, A.D.O., TOMAZ, M.A., SOUZA, A.L.D., AMARAL, J.F.T.D.; RANGEL, O.J.P. Fertilizantes organominerais no desenvolvimento inicial do cafeeiro arábica. In: VIII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. **Anais...** Salvador: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2013.

CAVALCANTE, V.S.; BORGES, L.S.; MOURA, W.M.; JACOB, L.L.; FREITAS, M.A.S. Adubação organomineral na nutrição e produtividade de café arábica. **Cadernos de Agroecologia**, v.15, n.1, 2020.

CIVARDI, E.A.; SILVEIRA NETO, A.N.D.; RAGAGNIN, V.A.; GODOY, E.R.; BROD, E. Ureia de liberação lenta aplicada superficialmente e ureia comum incorporada ao solo no rendimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, p.52-59, 2011.

COELHO, G.; SILVA, A. M. da.; REZENDE, F. C.; SILVA, A. S.; CUSTÓDIO, A. A. de P. Efeito de épocas de irrigação e de parcelamento de adubação sobre a produtividade do cafeeiro 'Catuaí'. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 67-73, jan./fev., 2009

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Primeiro levantamento da safra 2023 de café indica uma produção de 54,94 milhões de sacas**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4890-primeiro-levantamento-da-safra-2023-de-cafe-indica-uma-producao-de-54-94-milhoes-de-sacas>. Acesso em: 2023.

Consórcio Pesquisa Café. **Catuaí Vermelho**. Disponível em: <http://www.consorciopesquisacafe.com.br/index.php/tecnologias/cultivares/501-catuai-vermelho>. Acesso em: 10/11/2024

Consórcio Pesquisa Café. **Tupi IAC 1669-33**. Disponível em: <http://www.consorciopesquisacafe.com.br/index.php/tecnologias/cultivares/498-tupi-iac-1669-33>. Acesso em: 10/11/2024

FERNANDES, A. L. T.; CARVALHO, A. C. S.; BRITO, D. M.; BECKER, G.; SAI, E. N.; FRAGA JÚNIOR, E. F. Comparação da utilização de nitrato de amônio e uréia polimerizada na produtividade e maturação do cafeeiro irrigado. In: VI Simpósio de Pesquisas dos Cafés do Brasil. **Anais...** Vitória: Simpósio de Pesquisas dos Cafés do Brasil, 2009.

FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, F.; FERREIRA, R. T.; SANTINATO, R. Redução da adubação mineral do cafeeiro arábica com a utilização de palha de café. **Coffee Science**, Lavras, v.8, n.3, p.324-336, 2013.

FERNANDES, M. I. dos S. **Parâmetros produtivos e de qualidade de cultivares de cafeeiros na região do Alto Paranaíba, Minas Gerais**. 2021. 34f. Trabalho de conclusão de curso (Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia. Monte Carmelo, 2021.

GUARESCHI, R.F.; GAZOLLA, P.R.; PERIN, A.; SANTINI, J.M.K. Adubação antecipada na cultura da soja com superfosfato triplo e cloreto de potássio revestidos por polímeros. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.643-648, 2011.

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**, v.26, n.2, p.735-750, 2019.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der erde. Gotha: verlag justus perthes. **Wall-map 150cmx200cm**, p. 91-102, 1928.

LIMA, L.C.D.; GONÇALVES, A.D.C.; FERNANDES, A.L.T.; SILVA, R.D.O.; LANA, R.M.Q. Crescimento e produtividade do cafeeiro irrigado, em função de diferentes fontes de nitrogênio. **Coffee Science**, Lavras, v.11, n.1, p.97-107, 2016.

MALTA, M.R.; NOGUEIRA, F.D.; GUIMARÃES, P.T.G. Composição química, produção e qualidade do café fertilizado com diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, p.1246-1252, 2003.

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; ALMEIDA, S.R.; GARCIA, A.W.R. Cultura de café no Brasil: manual de recomendações. **Varginha: Fundação Procafé**, 2020. 716p.

MENDONÇA, V.; TOSTA, M.S.; MACHADO, J.R.; GOULART JÚNIOR, S.A.R.; S. A., TOSTA, J.S.; BISCARO, G.A. Fertilizante de liberação lenta na formação de mudas de maracujazeiro 'amarelo'. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.344-348, 2007.

MESQUITA, Carlos Magno de et al. **Manual do café: manejo de cafezais em produção**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016. 72 p. il.

MOREIRA, D.T. **Efeito do manejo de fontes de potássio na produtividade do cafeeiro e na qualidade da bebida**. 2020, 59 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agronômico, Campinas, 2020.

NACIF, A. P. **Fenologia e produtividade do cafeeiro (Coffea arabica L.) cv. Catuaí, sob diferentes densidades de plantio e doses de fertilizante, no Cerrado de Patrocínio-MG**. 1997. 171f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

SANDY, E.C.; GOMES, C.R.R.; SANDY, G.C.; QUEIROZ, I.R. Avaliação dos resultados do uso de fertilizantes organominerais Fertium NKS na cultura do café, durante 2 safras na região da Alta Mogiana – SP. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, **Anais...** Franca: Embrapa Café, 2018.

SANTINATO, R.; SANTINATO, F. **Composição Química do Cafeeiro**: extração e exportação de nutrientes. São Paulo: Instituto Biológico, 2019. 214p.

SANTINATO, F. et al. **Cultura do Cafeeiro**: Características e Recomendações de Cultivares de Café. Jaboticabal: FUNEP, 2021. 92p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; FILHO, J. C. A.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. Brasília: EMBRAPA, 2018.

SHAVIV, A. Advances in Controlled Release of Fertilizers. **Advances in Agronomy**, v.71, p.1-49, 2001.

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

VIANA, M.J.N.; BALDONI, F.B.; MEIRELES, A.L.D.; ALECRIM, A.O.; VOLTOLINI, G.B.; LOPES, V.F. Morfologia de cafeeiros cultivados com diferentes fontes de adubos fosfatados. In: X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, **Anais...** Vitória: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2019.

VITÓRIA, R.Z.; OLIVEIRA, F.T.G.; PREZOTTI, L.C.; FELIX, E.R.; SANTOS, D.T.; TRAGINO, P.H. Produtividade de cafeeiro conilon (*Coffea canephora*) submetido a diferentes doses de fertilizantes fosfatados revestidos e não revestidos. In: X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. **Anais...** Simpósio de Pesquisa dos Cafés no Brasil, 2019.

CAPÍTULO 3 – FONTES, DOSES E PARCELAMENTOS DE NUTRIENTES NA CLASSIFICAÇÃO FÍSICA DE GRÃOS E QUALIDADE DE BEBIDA DO CAFÉ

RESUMO

A classificação dos grãos de café pode estar diretamente ligada a nutrição da planta, esses fatores impactam diretamente na qualidade da bebida e no valor final do produto. Neste trabalho objetivou-se avaliar a classificação dos grãos de café e a qualidade da bebida de grãos da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, submetida a fontes e doses de nutrientes e da cultivar Tupi IAC 1669-33, submetida a diferentes fontes e parcelamentos. Para avaliação da pontuação de bebida e da classificação dos grãos, os mesmos foram secos em cama africana e levados para beneficiamento, em seguida foram realizados testes de peneira e de pontuação de bebida na cooperativa Cooxupé. Os dados foram analisados no esquema fatorial, em que todos foram submetidos à análise de variância utilizando o software Sisvar pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foram adotados teste de média para os tratamentos qualitativos e ajustes de modelo de regressão para os tratamentos quantitativos. No experimento I, a pontuação de bebida apresentou influência tanto de fontes como de doses, mostrando melhores resultados à medida que houve o aumento de doses, com destaque para as fontes revestidas e organomineral à 125%. A formação de grãos chatos graúdos, de maneira geral, foi influenciada positivamente pelo aumento das doses, enquanto também se observou maior tendência na formação de grãos moca e de grãos no fundo do teste de peneiras para doses abaixo do recomendado. No experimento II, a qualidade da bebida também foi beneficiada pelo parcelamento nas fontes revestida e organomineral, e as mesmas fontes obtiveram melhores resultados quando parceladas. O parcelamento influenciou a formação de grãos chatos graúdos, principalmente para a fonte convencional. Ao longo do experimento observou-se que a fonte revestida promoveu menor formação de grãos moca. Foi possível concluir que o aumento das doses bem como o parcelamento da adubação influenciou positivamente a qualidade da bebida e a formação de grãos chatos graúdos.

Palavras-chave: *Coffea arabica*; enchimento de grãos; grãos moca; grãos chato; colheita do café.

ABSTRACT

The classification of coffee beans can be directly linked to the plant's nutrition, these factors directly impact the quality of the drink and the final value of the product. The objective of this study was to evaluate the classification of coffee beans and the quality of the bean beverage of the cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, submitted to sources and doses of nutrients, and of the cultivar Tupi IAC 1669-33, submitted to different sources and splits. To evaluate the beverage score and the classification of the beans, they were dried in African litter and taken for processing, then sieve and beverage scoring tests were carried out at the Cooxupé cooperative. The data were analyzed in the factorial scheme, in which all were submitted to analysis of variance using the Sisvar software by Tukey's test at 5% probability. A mean test was adopted for the qualitative treatments and regression model adjustments for the quantitative treatments. In experiment I, the beverage score was influenced by both sources and doses, showing better results as there was an increase in doses, with emphasis on coated and organomineral sources at 125%. The formation of large flat grains, in general, was positively influenced by the increase in doses, while there was also a greater trend in the formation of mocha grains and grains at the bottom of the sieve test for doses below the recommended doses. In experiment II, the quality of the beverage was also benefited by the splitting in coated and organomineral sources, and the same sources obtained better results when split. Installment has influenced the formation of large flat grains, especially for the conventional source. Throughout the experiment it was observed that the coated source promoted less formation of mocha grains. It was possible to conclude that the increase in doses as well as the splitting of fertilization positively influenced the quality of the beverage and the formation of large flat grains.

Keywords: *Coffea arabica*; grain filling; mocha grains; boring grains; coffee harvest.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade do café pode ser compreendida como o conjunto das características sensoriais da bebida ou dos grãos que impactam o valor comercial desse produto. Considerando a qualidade sob perspectiva comercial, atributos relacionados à cor, ao tipo e a prova de xícara, além das características físico-químicas dos grãos, são considerados para caracterizar a qualidade do café (Malavolta, 2000; Oliveira et al., 2010). Dentre as características químicas dos grãos de café que estão associadas à qualidade de bebida, podemos destacar o teor de açúcares, trigonelina, cafeína, compostos fenólicos, polifenoloxidase, além do índice de coloração dos grãos, da acidez e do pH, da condutividade elétrica, da capacidade de lixiviação de K e do teor de lipídeos, entre outros (Martinez et al., 2014).

Um fator que influencia diretamente na qualidade da bebida e consequentemente o valor agregado do produto é o grau de maturação dos frutos no momento da colheita e a classificação dos grãos beneficiados (Fagan et al., 2011). A classificação dos grãos, de acordo com Laviola et al. (2006) pode estar diretamente relacionada com a nutrição das plantas. Santinato e Santinato (2019) atribuiu os grãos maiores às corretas condições de cultivo, dentre elas o manejo da adubação, contribuindo ainda para a uniformidade do processo de torração. A nutrição pode influenciar tanto no processo de enchimento do grão como no percentual de grãos mocas em detrimento dos grãos chatos (Matiello et al., 2020).

Os cafés produzidos na Etiópia, Costa Rica e Colômbia, por exemplo, apresentam grande reconhecimento mundial devido à alta qualidade. A melhor qualidade de bebida resulta em maior preço pago pelos importadores aos exportadores, o que possibilita incremento na rentabilidade proveniente da comercialização de grãos (Sório et al., 2015).

O consumo de cafés especiais tem apresentado crescimento expressivo ao longo dos anos, cerca de 19% anualmente. Diante dessa nova tendência por parte dos consumidores, cafeicultores em todo o mundo estão atentos a necessidade de produzir grãos que resultarão em maior qualidade de bebida (ABIC, 2018). Portanto, diversas iniciativas visando elevar a eficiência produtiva têm sido debatidas. Além disso, a redução de custos nas áreas de produção também é importante para que se obtenha maior competitividade (Freire et al., 2012).

Diversos fatores podem afetar a composição química dos grãos, sendo que os principais são ambientais, genéticos e culturais, além do processamento dos grãos.

Do ponto de vista do manejo, a adubação das plantas e o estado nutricional influencia tanto a produção quanto a composição dos grãos, o que, consequentemente, interfere na qualidade final da bebida (Fagan et al., 2011). Por esse motivo, maior eficiência no emprego de doses e fontes de nutrientes na nutrição do cafeeiro tem sido buscada a fim de produzir grãos capazes de resultar em bebidas de maior qualidade, o que reflete positivamente na comercialização e na rentabilidade na cafeicultura (Moreira, 2020).

Com isso, o presente trabalho objetivou avaliar a influência de fontes, doses e parcelamentos de nutrientes e seus efeitos sobre a classificação física dos grãos e qualidade da bebida.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição da área experimental

Para o desenvolvimento deste estudo foi utilizada a lavoura de café do Centro Universitário de Patos de Minas, do Campus Experimental Canavial localizada nas coordenadas 18°36'34"S 46°29'16"W e altitude de 891 m, com total de 1,2 ha. De acordo com a classificação proposta por Köppen e Geiger (1928) o clima presente no local é tropical, com inverno mais seco que o verão. Apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco). A temperatura média do mês mais frio é superior a 18 °C. A média de precipitação anual é de 1296 mm.

A lavoura apresenta espaçamento 2,7 m entrelinhas com distanciamento de 0,5 m entre plantas. Configurando sistema adensado de aproximadamente 7400 plantas por hectare em cultivo de sequeiro, implantado há 12 anos.

No controle da disponibilidade de água, foram registrados rotineiramente os índices de pluviosidade por meio de pluviômetro instalado na área. Os dados de pluviosidade da área do estudo da safra 2020/2021 (Figura 1) apresentam também a demarcação das plantas para o experimento, a época de adubação e a coleta de amostras de desenvolvimento vegetativo. As precipitações apresentaram picos em outubro e dezembro, com 200,6 e 155 mm³ respectivamente, se acentuando novamente em fevereiro com 330,2 mm³, para a safra de 2020/2021. Observou-se na Figura 1 a execução das adubações referentes aos tratamentos nos meses de novembro, dezembro e janeiro, as marcações referentes as medições de desenvolvimento de parte aérea no mês de novembro e as coletas de dados do desenvolvimento de parte aérea no mês de maio.

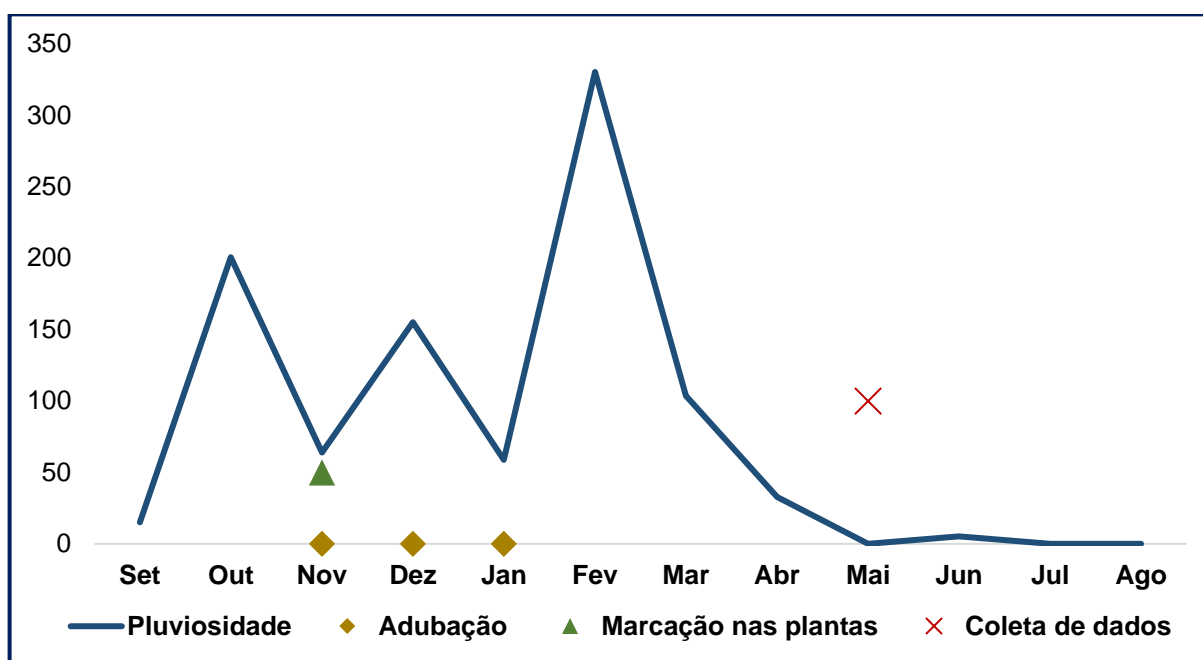


Figura 1. Dados de pluviosidade da área experimental durante a safra 2020/2021. UnB, Brasília - DF, 2024.

Os dados de pluviosidade da área do estudo da safra 2021/2022 (Figura 2) observa-se que o período chuvoso se intensificou a partir de outubro, chegando a 429,4 mm³ no mês de janeiro, caindo posteriormente até o mês de março com 48,8 mm³ e tendo pequena elevação em abril, com 122,4 mm³. Na figura estão apresentadas as épocas de adubação, seguindo os meses de novembro, dezembro e janeiro, bem como a marcação das plantas para análise de desenvolvimento de parte aérea e a posterior coleta de dados no mês de maio.

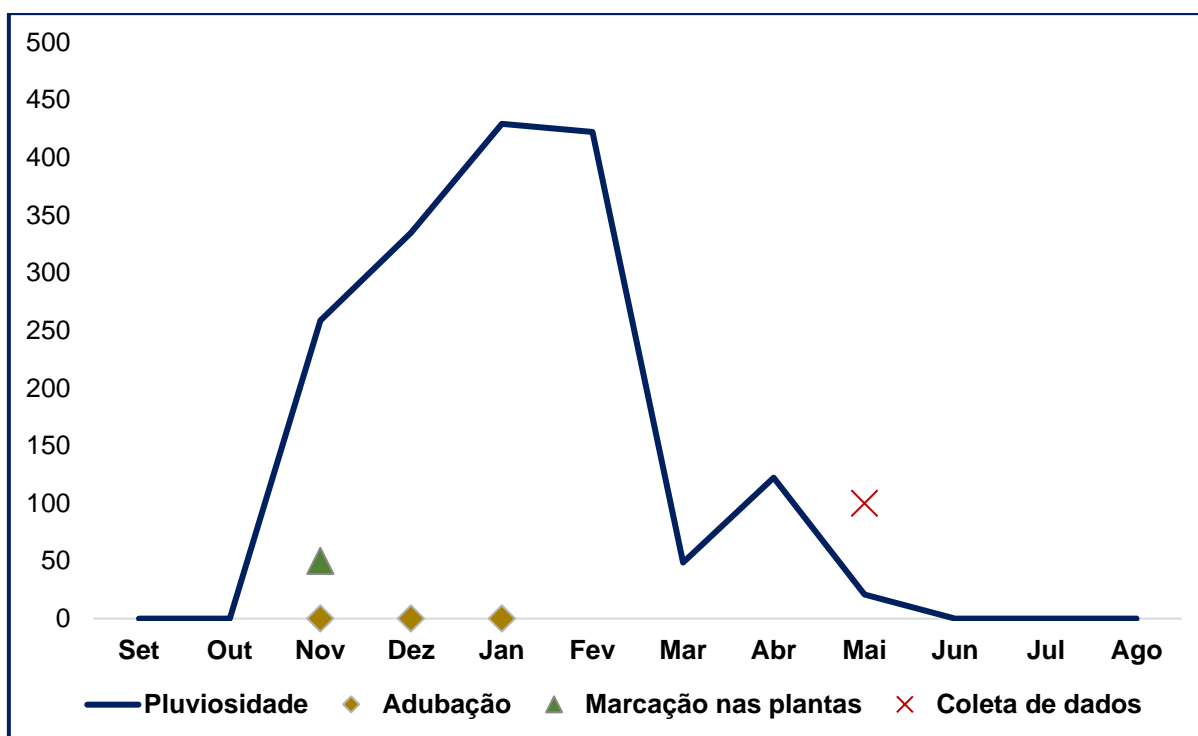


Figura 2. Dados de pluviosidade da área experimental durante a safra 2021/2022. UnB, Brasília - DF, 2024.

Os dados de pluviosidade da área do estudo da safra 2022/2023 (Figura 3), apresentam a pluviosidade para a safra 2022/2023 na Fazenda Canavial, em que é possível observar o aumento crescente das chuvas com pico no mês de dezembro, atingindo 274 mm³, a partir daí houve redução das chuvas até o mês de fevereiro com 164 mm³. No mês de março houve aumento na precipitação para 179 mm³, reduzindo até a chegada dos meses de seca. A adubação, marcação das plantas e coleta dos dados seguiram as mesmas épocas dos anos anteriores.

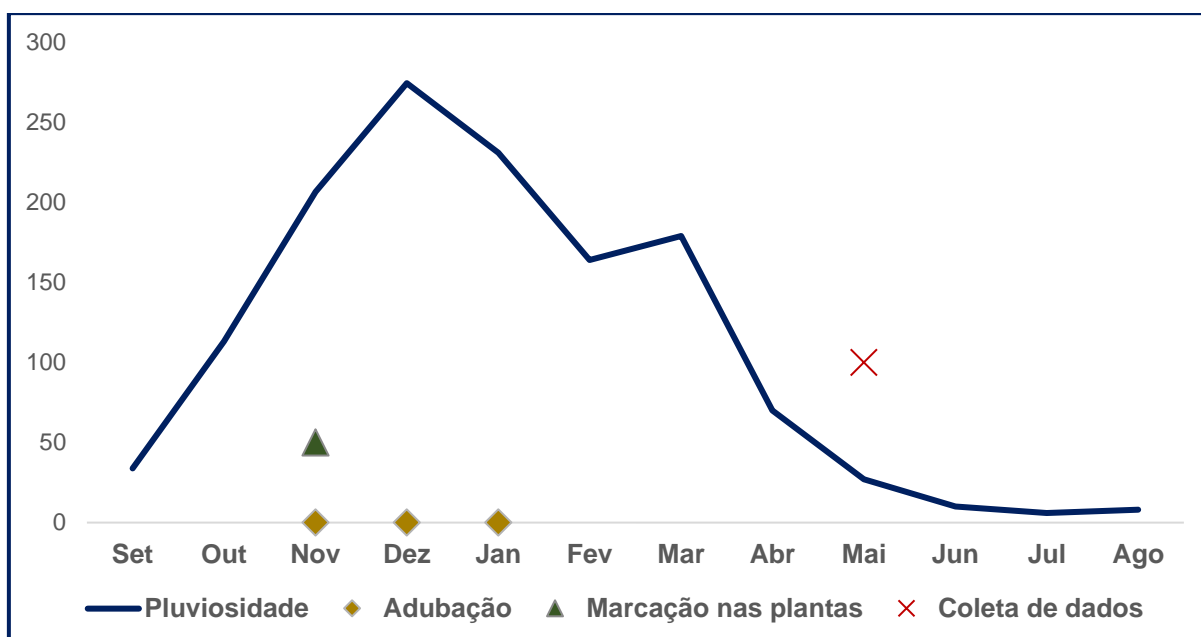


Figura 3. Dados de pluviosidade da área experimental durante a safra de 2022 a 2023. UnB, Brasília - DF, Patos de Minas - MG, 2024.

O solo presente na área é o Latossolo, classificação dada aos solos de intemperismo avançado das regiões tropicais. O horizonte diagnóstico dos Latossolos é o horizonte B Latossólico (Bw). De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (Santos et al., 2018).

Antes da instalação do experimento foi realizada coleta de amostras de solo na profundidade de 0-20 cm para subsequente caracterização química feita na Central de Análise e Fertilidade do Solo (CEFERT), localizado no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), Patos de Minas-MG. O resultado da análise de solos realizadas nos locais dos dois experimentos foram organizados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado da análise de solo da área experimental antes da instalação do experimento (UnB, Brasília - DF, 2024).

Propriedades e características	Experimento I	Experimento II
Areia (g kg ⁻¹) ¹	278,00	278,00
Silte (g kg ⁻¹) ¹	352,00	352,00
Argila (g kg ⁻¹) ¹	370,00	369,00
pH _{H2O} ²	5,10	4,90
COT (dag kg ⁻¹) ³	1,86	1,86
MOS (dag kg ⁻¹) ³	3,21	3,27
P-Remanescente (mg L ⁻¹) ⁴	10,05	10,08
P-Mehlich ¹ (mg dm ⁻³) ⁵	89,24	76,01
K ⁺ (mg dm ⁻³) ⁵	128,00	173,00
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³) ⁶	3,19	1,56
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³) ⁶	0,87	0,64
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³) ⁶	0,15	0,20
H + Al (cmol _c dm ⁻³) ⁷	5,40	5,48
Soma de bases (cmol _c dm ⁻³)	4,39	2,64
t (cmol _c dm ⁻³)	4,54	4,54
T (cmol _c dm ⁻³)	9,78	8,75
V (%)	44,80	33,00
m (%)	3,31	19,0
B (mg dm ⁻³) ⁵	0,23	0,23
Cu (mg dm ⁻³) ⁵	20,60	20,62
Fe (mg dm ⁻³) ⁵	56,60	56,60
Mn (mg dm ⁻³) ⁵	68,40	68,40
Zn (mg dm ⁻³) ⁵	17,00	17,00
S (mg dm ⁻³) ⁸	30,87	30,90

¹Análise granulométrica pelo método da pipeta; ²Densidade do solo pelo método da proveta; ³Relação solo-água 1:2,5; ⁴Método Walkley-Black; ⁵Solução de CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ contendo 60 mg L⁻¹ de P; ⁶Mehlich¹: HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹; ⁷Solução de KCl 1 mol L⁻¹; ⁸Solução de C₄H₆CaO₄ a pH 7; ⁹Ca(H₂PO₄)₂H₂O em ácido acético.

2.2. Cultivar Catuaí vermelho IAC 144

Para o Experimento I foi utilizado a cultivar Catuaí IAC 144. Originado do cruzamento da cultivar Caturra Amarelo IAC 4756 com a linhagem de Mundo Novo IAC 374-19. Com porte baixo, frutos de coloração avermelhada apresentando maturação média a tardia. Com produtividade média de 25 a 35 sacas/ha para sequeiro, ótima qualidade de bebida, adaptável a maioria das regiões cafeeiras, tomando a cultivar mais plantada no Brasil apesar de apresentar susceptibilidade às principais pragas e doenças (Santinato et al., 2021).

A cultivar foi lançada para fins comerciais em 1972 pelo IAC e registrada no Registro Nacional de Cultivares em 1999 (RNC). Suscetíveis à ferrugem e aos nematoides, mas possuem elevado vigor, pode chegar a 2,4 m de altura e 2,1 m de diâmetro de copa. Possui internódios curtos e ramificação secundária abundante, com um sistema radicular bem desenvolvido. As folhas novas são de cor verde clara e as adultas verde escuro. A maturação dos frutos ocorre entre maio e junho (Consórcio Pesquisa Café, 2024).

2.3. Cultivar Tupi IAC 1669-33

Para o Experimento II foi utilizado a cultivar Tupi IAC 1669-33. Essa cultivar foi o resultado do cruzamento de Villa Sarchi CIFC 971/10 com Híbrido de Timor CIFC, com porte baixo e frutos que alcançam a maturação em tempo médio, com coloração vermelho escuro. Seu diferencial é a coloração bronzeada das brotações novas, apresentando resistência a ferrugem (Santinato et al., 2021).

A cultivar foi oficialmente lançada em 2000, seu registro no RNC ocorreu em 1999. Os frutos grandes, vermelhos e de formato arredondado. Indicada para plantios adensados, superadensados ou em renque, muito utilizada pela cafeicultura familiar (Consórcio Pesquisa Café, 2024).

2.4. Práticas culturais

Antes da instalação do experimento todas as cultivares receberam o tratamento recomendado para a cultura do café, seguindo as recomendações propostas por Santinato e Santinato (2019) e Matiello et al. (2020). Com base na análise de solo, foi feita aplicação em área total de Boro, utilizando 40 kg ha⁻¹ de Ulexita, mais Cálcio e Magnésio e correção de pH aplicando 1,5 ton ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 85%) na linha, com o objetivo de corrigir as deficiências nutricionais do solo apresentadas na análise.

A relação de aplicações de defensivos, princípio ativo, dose e previsão da aplicação seguiu o modelo já adotado na propriedade. Foi realizada a primeira aplicação contendo fungicida e inseticida. A segunda aplicação com inseticida, visando a prevenção da broca do café. Por fim, a terceira aplicação foi feita com fungicidas, inseticidas e cobre. Tal prevenção se torna necessária, pois uma vez que a broca penetra o fruto o inseticida não mais o controla. O cobre se faz necessário para cicatrizar as estruturas danificadas. As aplicações se mantiveram nos anos

subsequentes visando prevenção e controle das principais doenças e pragas com histórico de ocorrência na área (Tabela 02) (Matiello, et al., 2020).

O controle de plantas daninhas foi realizado com a capina manual, associado à aplicação de herbicidas pré e pós-emergentes. Antes da colheita, utilizou-se o implemento trincha acoplado ao trator para facilitar a colheita dos grãos do chão (catação e varrição). Para o controle da ferrugem e cercosporiose foi utilizado a aplicação do fungicida de forma preventiva, adotando os princípios ativos dos grupos Estrobilurina, Triazol, Piraclostrobina e carboxamida, kocide dwg (hidróxido de cobre) (Mesquita, 2016; Matiello et al., 2020).

O bicho mineiro, praga com maior histórico de incidência na área, teve seu controle realizado via foliar, com as aplicações intercaladas de inseticidas do grupo Antranilamida, Neonicotinóides, e também inseticida sistêmico com ação de contato e ingestão dos grupos químicos Metilcarbamato de oxima + Benzoilureia, e Avermectina, este último também atuando no controle da Broca do cafeeiro. Para o controle da Broca do cafeeiro, também foi realizado o manejo cultural, adotando a catação e retirada dos grãos da lavoura após a colheita (Matiello et al., 2020).

Nos anos que se seguiram ao primeiro ano de implantação do experimento as aplicações foram sendo realizadas de forma preventiva e conforme incidência de doenças e pragas na área do experimento.

Tabela 02. Cronograma de aplicação de defensivos agrícolas contendo princípio ativo, dose/ha, e data aproximada de aplicação. UnB, Brasília - DF, 2024.

Aplicação		Princípio Ativo	Dose/ha	Aplicação	Data
1ª Entrada	Inseticida	Clorantraniliprole	0,09 lt	Pós Florada	Novembro
	Fungicida	Tebuconazol e a Trifloxistrobina:	1 tl		
	Fungicida	Hidróxido de cobre	2 kg		
	Adjuvante	---	0,15 lt		
2ª Entrada	Inseticida	Clorantraniliprole + Abamectina	1 lt	Preventivo	Dezembro
	Fungicida	Fluxapiraxade e o Piraclostrobina	0,5 lt		
	Fungicida	hidróxido de cobre	2 kg		
	Adjuvante	---	0,15 lt		
3ª Entrada	Inseticida	Tiametoxam	2 Kg	Preventivo	Janeiro
	Fungicida	Epoxiconazol + Piraclostrobina	1,5 lt		
	Fungicida	hidróxido de cobre	2 kg		
	Adjuvante	---	0,15 lt		
4ª Entrada	Inseticida	Clorantraniliprole + Abamectina	1 lt	Preventivo	Fevereiro
	Fungicida	Fluxapiraxade e o Piraclostrobina	0,5 lt		
	Fungicida	hidróxido de cobre	2 kg		
	Adjuvante	---	0,15 lt		
5ª Entrada	Inseticida	Metomil+Novalurom	0,5 lt	Preventivo	Março
	Fungicida	Epoxiconazol + Piraclostrobina	1,5 lt		
	Fungicida	hidróxido de cobre	2 kg		
	Adjuvante	---	0,15 lt		
6ª Entrada	Inseticida	Metomil+Novalurom	0,5 lt	Pós Colheita	Abril
	Fungicida	Fluxapiraxade e o Piraclostrobina	0,5 lt		
	Fungicida	hidróxido de cobre	2 kg		
	Adjuvante	---	0,15 lt		

Todos os anos após a colheita, foi realizada a desbrota das plantas retirando dessa forma os brotos ladrões, em seguida foi feita a limpeza das entrelinhas. Após a desbrota foi realizada a quarta aplicação com cobre para promover a cicatrização das estruturas da planta possivelmente danificadas durante a colheita. As recomendações de adubação foram realizadas com base na interpretação da análise do solo (Tabela 1) e tomando como base o proposto por Santinato e Santinato (2019) para uma produtividade de 60 scs ha⁻¹, e seguidas nas três safras do experimento. Os resultados da análise foliar da cultura do café são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Teores de NPK da análise foliar da área experimental de café Catuaí e Tupi antes da implantação do experimento (UnB, Brasília - DF, 2024).

Nutriente	N	P	K
Teor do nutriente nas folhas (g kg ⁻¹) Exp. I	2,81	1,42	2,27
Teor do nutriente nas folhas (g kg ⁻¹) Exp. II	2,80	1,30	1,29

N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio

2.5. Implantação do experimento

O experimento foi iniciado no segundo semestre de 2020. As parcelas foram marcadas seguindo as linhas de cultivo no sentido Noroeste-Sudeste, em virtude das curvas de nível e declividade do terreno. Na primeira safra, 2020/2021, o experimento foi implantado no mês de novembro, havendo também adubações nos meses de dezembro e janeiro. Os tratamentos foram repetidos nas safras 2021/2022 e 2022/2023. As adubações foram realizadas em superfície sob projeção da copa com base no proposto por Matiello et al. (2020). As fontes de nutrientes que foram utilizadas como tratamentos foram: mineral convencional, revestido e organomineral farelado, com a descrição da formulação NPK e dose (Tabela 4).

Tabela 4. Formulação dos fertilizantes utilizados nos experimentos, com sua respectiva dose em (kg ha⁻¹) e teor de nutrientes UnB, Brasília - DF, 2024

Tratamento	Fertilizante	Dose (kg ha ⁻¹)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Preço ha ⁻¹
Mineral convencional	20-02-20	2.000	400	40	400	4.466,00
Mineral revestido	16-02-16	2.500	400	50	400	5.527,50
Organomineral farelado	14-02-14	2.857	400	50	400	7.342,49

N = nitrogênio; P₂O₅ = fosfato; K₂O = óxido de potássio

As fontes de nutrientes utilizadas como tratamentos foram compostos por adubação mineral convencional com composição 20-02-20; Adubação mineral revestido com tecnologia kimcoat® que previne a volatilização do N, em formulação 16-02-16. A Adubação organomineral, em que em suas fontes de minerais e orgânicos (cama de frango) possuem formulação 14-02-14, em sua composição o organomineral apresenta 43,35% de matéria orgânica, 2,91% de MAP, 28,8% de Ureia e 1,01% de geopeletizador.

2.6. Experimento I

O experimento foi desenvolvido na cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, em que cada parcela do tratamento foi constituída de 16 plantas totais, sendo 10 plantas centrais consideradas úteis para as análises, as três plantas das extremidades de cada lado foram consideradas como bordadura. O esquema do experimento ficou estabelecido como fatorial 3 x 4, sendo o fator um determinado pelas três fontes de nutrientes (mineral convencional, mineral com polímero e organomineral farelado) e o fator dois, composto pelas quatro doses, sendo 50, 75, 100 e 125% da dose recomendada de N (400 kg ha^{-1}) e K (400 kg ha^{-1}) de acordo com Matiello et al. (2020). Sendo quatro repetições, totalizando 48 parcelas e 768 plantas. Os Tratamentos com as fontes de fertilizantes, percentual das doses e composição química NPK são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Tratamentos utilizados no experimento da lavoura da cultivar de café Catuaí, com sua respectiva dose e teor de nutrientes UnB, Brasília - DF, 2024.

Tratamento	Fonte	% da dose recomendada	Dose (kg ha^{-1})	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
T1	Mineral Convencional	125	2500,0	500	50	500
T2	Mineral Convencional	100	2000,0	400	40	400
T3	Mineral Convencional	75	1500,0	300	30	300
T4	Mineral Convencional	50	1000,0	200	20	200
T5	Mineral Revestido	125	3125,0	500	62,5	500
T6	Mineral Revestido	100	2500,0	400	50	400
T7	Mineral Revestido	75	1875,0	300	33	300
T8	Mineral Revestido	50	1250,0	200	20	200
T9	Organomineral	125	3571,2	500	62,5	500
T10	Organomineral	100	2857,0	400	50	400
T11	Organomineral	75	2142,0	300	40	300
T12	Organomineral	50	1428,0	200	20	200

N = nitrogênio; P₂O₅ = fosfato; K₂O = óxido de potássio

Na Tabela 4 é possível visualizar que os tratamentos T1, T2, T3 e T4 receberam a fonte de fertilizante convencional, respectivamente com as doses 125%, 100%, 75% e 50%. Os tratamentos T5, T6, T7 e T8 representam a adubação com fonte mineral revestido, com as doses 125, 100, 75 e 50% respectivamente. Por fim, os tratamentos que receberam o fertilizante organomineral são T9, T10, T11 e T12 respectivamente nas concentrações 125, 100, 75 e 50%. No experimento I, cada bloco foi composto

por 12 tratamentos, sendo a distribuição dos tratamentos por bloco foi realizada por sorteio (Figura 4).

Bordadura	B1	B2	B3	B4	Bordadura
	T1	T1	T5	T13	
	T6	T10	T7	T1	
	T10	T6	T9	T2	
	T7	T13	T11	T5	
	T4	T9	T10	T9	
	T13	T11	T12	T4	
	T12	T2	T1	T10	
	T11	T3	T13	T12	
	T5	T7	T3	T11	
	T8	T5	T4	T6	
	T3	T8	T6	T3	
	T2	T12	T8	T7	
	T9	T4	T2	T8	
Bordadura					

Figura 4. Croqui apresentando a disposição dos tratamentos de Fontes e Doses utilizados no experimento da lavoura da cultivar de café Catuaí Vermelho IAC 144, UnB, Brasília - DF, 2021.

2.7. Experimento II

O Experimento II, implantado na cultivar Tupi IAC 1669-33, tem como variáveis as fontes de nutrientes, o parcelamento da aplicação da adubação. Também composto por 16 plantas por parcela, em quatro repetições, com nove tratamentos, aplicados em 576 plantas. O esquema do experimento constitui fatorial 3 x 3 sendo o fator um as três fontes de nutrientes (mineral convencional, mineral com polímero e Organomineral farelado), o fator dois foi composto pelos três parcelamentos da adubação (Tabela 06).

Tabela 6 – Tratamentos utilizados no experimento da lavoura da cultivar de café Tupi IAC 1669-33 UnB, Brasília - DF, 2024.

Tratamento	Fonte	% da dose	Parcela	Total (kg ha ⁻¹)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
T1	Mineral Conv.	100	1	2000,0	400	40	400
T2	Mineral Conv.	100	2	2000,0	400	40	400
T3	Mineral Conv.	100	3	2000,0	400	40	400
T4	Mineral Rev.	70	1	1750,0	280	30	280
T5	Mineral Rev.	70	2	1750,0	280	30	280
T6	Mineral Rev.	70	3	1750,0	280	30	280
T7	Organomineral	70	1	2000,0	280	40	280
T8	Organomineral	70	2	2000,0	280	40	280
T9	Organomineral	70	3	2000,0	280	40	280

N = nitrogênio; P₂O₅ = fosfato; K₂O = óxido de potássio

O experimento foi implantado na safra 2020/2021 e seus tratamentos foram repetidos nas safras seguinte 2021/2022 e 2022/2023. Os tratamentos identificados como T1; T2 e T3 correspondem respectivamente ao fertilizante Mineral convencionam em aplicação única; duas parcelas e três parcelas. T4, mineral revestido em aplicação única; T5, Mineral revestido em duas parcelas; T6, Mineral revestido em três parcelas; T7, Organomineral parcela única; T8, Organomineral em duas parcelas; T9, Organomineral em três parcelas. As datas de aplicação dos parcelamentos adotados para cada tratamento referente ao parcelamento (Tabela 7) nos mostra o Tratamento 1 referente a aplicação única; o Tratamento 2 referente a aplicação com parcelamentos em duas épocas e o Tratamento 3 referente à três épocas de aplicações. A escolha das épocas de aplicação se deu em função do manejo nutricional já adotado na lavoura da fazenda, e seguindo também a recomendação proposta por Santinato e Santinato (2019) e Matiello et al. (2020), em que o processo de adubação foi realizado nos meses de novembro, dezembro e janeiro.

Tabela 7. Datas referentes aos parcelamentos das adubações, UnB, Brasília - DF, 2024.

Tratamento	Parcelas	Adubações ano	1º Adubações ano	2º Adubações ano	3º Adubações ano
Uma aplicação	Aplicação Única	05/11/2021	05/11/2021	05/11/2022	
Duas aplicações	1ª Parcela	05/11/2021	05/11/2021	05/11/2022	
	2ª Parcela	07/01/2022	07/01/2022	21/01/2023	
Três aplicações	1ª Parcela	05/11/2021	05/11/2021	05/11/2022	
	2ª Parcela	10/12/2021	10/12/2021	22/12/2022	
	3ª Parcela	07/01/2022	07/01/2022	21/01/2023	

As doses utilizadas (Tabela 8) constituíram em 100% da recomendada para o fertilizante convencional, enquanto para os fertilizantes organominerais e revestidos foi adotado 70% da dose, a partir de recomendações visando a redução da dose total, tendo em vista a redução das perdas e maior disponibilidade dos nutrientes para as plantas quando comparados aos adubos convencionais como proposto por Fernandes et al. (2009), Civardi et al. (2011), Fernandes et al. (2013b).

Tabela 8. Tratamentos utilizados no experimento da lavoura da cultivar de café Tupi, com sua respectiva dose em (kg parcela⁻¹) e teor de nutrientes, UnB, Brasília - DF, 2024.

Tratamento	Fertilizante	Dose em kg parcela ⁻¹	Época 1	Época 2	Época 3
			nov	dez	jan
Mineral convencional 100%	20-02-20	4,32	4,32	-	-
Mineral com polímero 70%	16-02-16	3,78	3,78	-	-
Organomineral farelado 70%	14-02-14	4,32	4,32	-	-
Mineral convencional 100%	20-02-20	4,32	2,16	-	2,16
Mineral com polímero 70%	16-02-16	3,78	1,89	-	1,89
Organomineral farelado 70%	14-02-14	4,32	2,16	-	2,16
Mineral convencional 100%	20-02-20	4,32	1,44	1,44	1,44
Mineral com polímero 70%	16-02-16	3,78	1,26	1,26	1,26
Organomineral farelado 70%	14-02-14	4,32	1,44	1,44	1,44

A distribuição dos tratamentos em cada bloco foi realizada por sorteio, o croqui dessa distribuição é apresentado na Figura 5.

Bordadura	B1	B2	B3	B4	Bordadura
	T3	T7	T7	T1	
	T8	T9	T3	T6	
	T4	T2	T9	T4	
	T9	T4	T4	T8	
	T2	T6	T1	T2	
	T7	T1	T2	T9	
	T5	T3	T6	T3	
	T1	T5	T8	T7	
	T6	T8	T5	T5	
Bordadura					

Figura 5. Croqui apresentando a disposição dos tratamentos de fontes e parcelamentos utilizados no experimento da lavoura da cultivar de café Tupi IAC 1669-33, UnB, Brasília - DF, 2021.

2.8. Colheita, secagem e beneficiamento

A colheita do café foi iniciada no dia 21 de junho do ano de 2021 seguindo a programação já realizada na propriedade. No ano de 2022 a colheita foi iniciada no dia 5 de julho. No último ano do experimento a colheita foi realizada a partir do dia 8 de junho. Foram escolhidas as quatro plantas do meio de cada parcela, essas plantas foram completamente colhidas através dos métodos de derriça no pano. Todos os grãos foram reunidos, as impurezas foram retiradas. A secagem foi conduzida até que o produto chegou a umidade de 11%, determinada por leitura digital, as amostras foram então beneficiadas.

2.8.1. Classificação de grãos

A classificação dos grãos em peneiras foi realizada conforme as orientações propostas na Instrução Normativa N° 8 de 11 junho de 2003 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2003). Foram retiradas 100 gramas de café beneficiado de cada parcela, distribuídas em conjunto de peneiras de

diferentes diâmetros e formatos de crivo (oblongo e circular), processo feito em três repetições. Os grãos retidos em cada peneira foram pesados para posterior determinação de massa de café chato graúdo (peneiras 19, 18 e 17), moca graúdo (peneiras 13, 12 e 11) e grãos na peneira de fundo.

2.8.2. Qualidade de bebida

Para análise da qualidade de bebida, foi utilizada uma amostra de 0,5 L de frutos de café de cada parcela do experimento. Os grãos foram enviados à Cooperativa Cooxupé, em Rio Paranaíba, Minas Gerais. O café em pó beneficiado foi submetido à análise de qualidade de bebida, sensorial e pontuação da bebida.

A qualidade de bebida pela prova de xícara consiste na avaliação sensorial da qualidade de bebida por dois técnicos especializados, qualificados e treinados, segundo metodologia proposta pela *Specialty Coffee Association of America* (SCAA Cupping protocols) (SCAA Cupping protocols, 2008), conforme apresentado na Tabela 9. Os atributos considerados pelos avaliadores são aroma/fragrância do pó de café, acidez, sabor, corpo, finalização, uniformidade, doçura, ausência de defeitos (xícara limpa), balanço, nota geral e nota total. Baseando-se nestes atributos, foi atribuída pontuação final à bebida, permitindo classificar o café quanto a qualidade de bebida em não especial, especial, especial origem e especial raro.

Tabela 9. Classificação quanto à qualidade de bebida. UnB, Brasília - DF, 2024.

Pontuação	Descrição	Classificação
< 80,00	Abaixo do Grau Especial	Não especial
80-84,99	Muito Bom	Especial
85-89,99	Excelente	Especial origem
90-100	Exemplar	Especial raro

Fonte: Adaptado de SCAA Cupping protocols (2008).

2.9. Análise estatística

A normalidade dos dados foi verificada com a utilização do software estatístico R (R Development Core Team, 2024). Os dados foram analisados no esquema fatorial, em que todos foram submetidos à análise de variância pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, como as recomendações de Banzatto e Kronka (2006). No experimento I foram adotados teste de média para identificar significância entre as fontes adotadas e análise de regressão para os tratamentos de doses de fertilizantes,

para as quais foram apresentadas as equações que melhor explicaram as variáveis analisadas. No Experimento II foi realizado teste de média identificar significância entre as fontes e parcelamentos adotados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Experimento I

3.1.1. Pontuação de bebida do café

O resumo da análise de variância para a pontuação de bebida (Tabela 10), apresenta interação entre os dois fatores analisados nas safras 21/22 e 22/23. Não houve significância para as fontes de variação estudadas, de forma individualizadas, para todos os anos.

Tabela 10. Resumo da análise de variância para os valores médios de pontuação de bebida da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes fontes e doses de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022, 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

FV	GL	Quadrado Médio		
		20/21	21/22	22/23
Fonte	2	0,77	27,52	97,58
Dose	3	0,24	528,58	699,13
Fonte x Dose	6	0,41	23,77*	20,03**
Blocos	3	1,41	23,86	4,41
Erro	33	1,76	8,45	5,26
Total	47	---	---	---
CV (%)		1,66	3,75	2,95
Média Geral		80,02	77,46	77,60

**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$); *significativo a 5% de probabilidade ($p < 0.05$).

Os valores médios de pontuação de bebida sob diferentes fontes de nutrientes (Tabela 11) apresentam a não significância entre as fontes adotadas na safra 20/21, o mesmo pode ser observado para as doses avaliadas na mesma safra (Tabela 12). Corroboram com os resultados do presente trabalho Malta et al. (2003), Silva (2017) e Moreira (2020) testando fontes e doses de nutrientes em aplicações via solo e foliar, não encontrando influência sobre a qualidade da bebida.

Tabela 11. Valores médios da pontuação de bebida da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de fontes de nutrientes para a safra 20/21. UnB, Brasília - DF, 2024.

Fontes de Nutrientes	Pontuação de bebida do café
	20/21
Convencional	79,81a
Revestido	80,00a
Organomineral	80,25a
Teste F	0,65 ^{ns}
DMS (5%)	1,15
CV (%)	1,66

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey. ^{ns} = não significativo ($p>0,05$).

Um os pontos importantes para a qualidade da bebida do café é a uniformidade do tamanho dos grãos, fator que proporciona uma torra uniforme evitando grãos torrados que depreciam o produto final (Fagan et al., 2011; Soares et al., 2019).

Tabela 12. Valores médios da pontuação de bebida da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes doses de nutrientes para a safra 20/21. UnB, Brasília - DF, 2024.

Doses de Nutrientes	Pontuação de bebida do café
	20/21
50	80,00a
75	80,08a
100	79,83a
125	80,17a
Teste F	0,94 ^{ns}
DMS (5%)	1,46
CV (%)	1,66

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey. ^{ns} = não significativo ($p>0,05$).

As médias de pontuação de bebida sob a interação dos fatores fontes e doses de nutrientes para a safra 21/22 e 22/23 (Tabela 13), expressam o aumento da pontuação da bebida tanto para as doses elevadas como também para as fontes de melhor eficiência no fornecimento de nutrientes, resultados semelhantes foram verificados por Silva et al. (2002).

Com base nos resultados encontrados na safra 22/23, observa-se que todos os tratamentos que receberam acima de 100% da dose recomendada obtiveram pontuação de bebida acima de 80. Também é possível inferir que na situação do estudo, não foi possível obter cafés de bebidas especiais para a fonte convencional, mesmo com aumento da dose. Outro ponto importante, é que foi observado bebida especial de origem para as fontes revestida e organomineral a 125% da dose

recomendada, estes resultados mostram que com um investimento de 1.381,87 R\$ e 1.835,62 R\$ por hectare, das respectivas fontes, foi possível obter um produto de melhor qualidade. O comportamento observado é de grande importância uma vez que a pontuação de bebida incide diretamente no valor de comercialização do café.

Como já apresentado por Silva et al. (1999), Silva et al. (2002), o fornecimento adequado de K, influencia diretamente na qualidade do fruto, por estar associado ao enchimento do mesmo o que afeta diretamente a qualidade da bebida. O aumento de doses de N e K está relacionada ao aumento da atividade da polifenoloxidase, enzima precursora da qualidade de bebida, além de influenciarem na síntese de compostos metabólicos responsáveis pela formação de sabor e aroma (CLEMENTE, 2010).

Tabela 13. Valores médios da pontuação de bebida da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes fontes e doses de nutrientes para as safras 21/22 e 22/23. UnB, Brasília - DF, 2024.

Fontes de Nutrientes		Dose			
		50	75	100	125
Médias de Pontuação de Bebida 21/22	-----Pontuação de bebida do café-----				
	Convencional	68Ba	77,75Aa	79,25Aa	78,75Ab
	Revestido	68,5Ca	77,5Ba	77,5Ba	86,25Aa
	Organomineral	68,75Ca	78,5Ba	80,75Ba	88,00Aa
	Teste F (Fontes x Doses)	2,81*			
	DMS - Fontes dentro de Doses	5,05			
	DMS - Doses dentro de fontes	5,56			
	CV (%)	3,75			
Fontes de Nutrientes		Dose			
		50	75	100	125
Médias de Pontuação de Bebida 22/23	-----Pontuação de bebida do café-----				
	Convencional	67,5Bb	70,3Bb	81,8Aa	80,3Ab
	Revestido	70,8Cab	70,75Cab	82Ba	88,8Aa
	Organomineral	73,5Ca	74,3Ca	82,3Ba	89,3Aa
	Teste F (Fontes x Doses)	3,81**			
	DMS - Fontes dentro de Doses	3,98			
	DMS - Doses dentro de fontes	4,39			
	CV (%)	2,95			

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de tukey a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Os ajustes de modelo de regressão para os valores observados e estimados de pontuação de bebida para a safra 21/22 (Figura 06) permitem observar comportamento polinomial de segunda ordem para a fonte convencional (Figura 06a)

em que 97,71% dos dados são explicados pela equação, além do coeficiente de determinação ser significativo a 1%, também para a média das fontes (Figura 06d), em que 94,4% dos dados são explicados pela equação, apresentado coeficiente de determinação significativo a 1%, mostrando que a pontuação aumentou com tendência não linear, com possível decréscimo ao final da curva.

A fonte revestida (Figura 06b) não demonstrou significância da regressão, já os valores observados na fonte organomineral (Figura 06c) obtiveram 95,05% dos dados explicados pela equação e coeficiente de determinação significativo a 1% de probabilidade, apresentou comportamento linear, com a pontuação elevando à medida que houve aumento da dose utilizada. Corroboram com estes dados os estudos realizados por Clemente (2010); (Martinez, et al. 2014) uma vez que o manejo da adubação e do estado nutricional da planta contribuem tanto na produção como na composição e formação dos grãos, fator que influencia na qualidade da bebida.

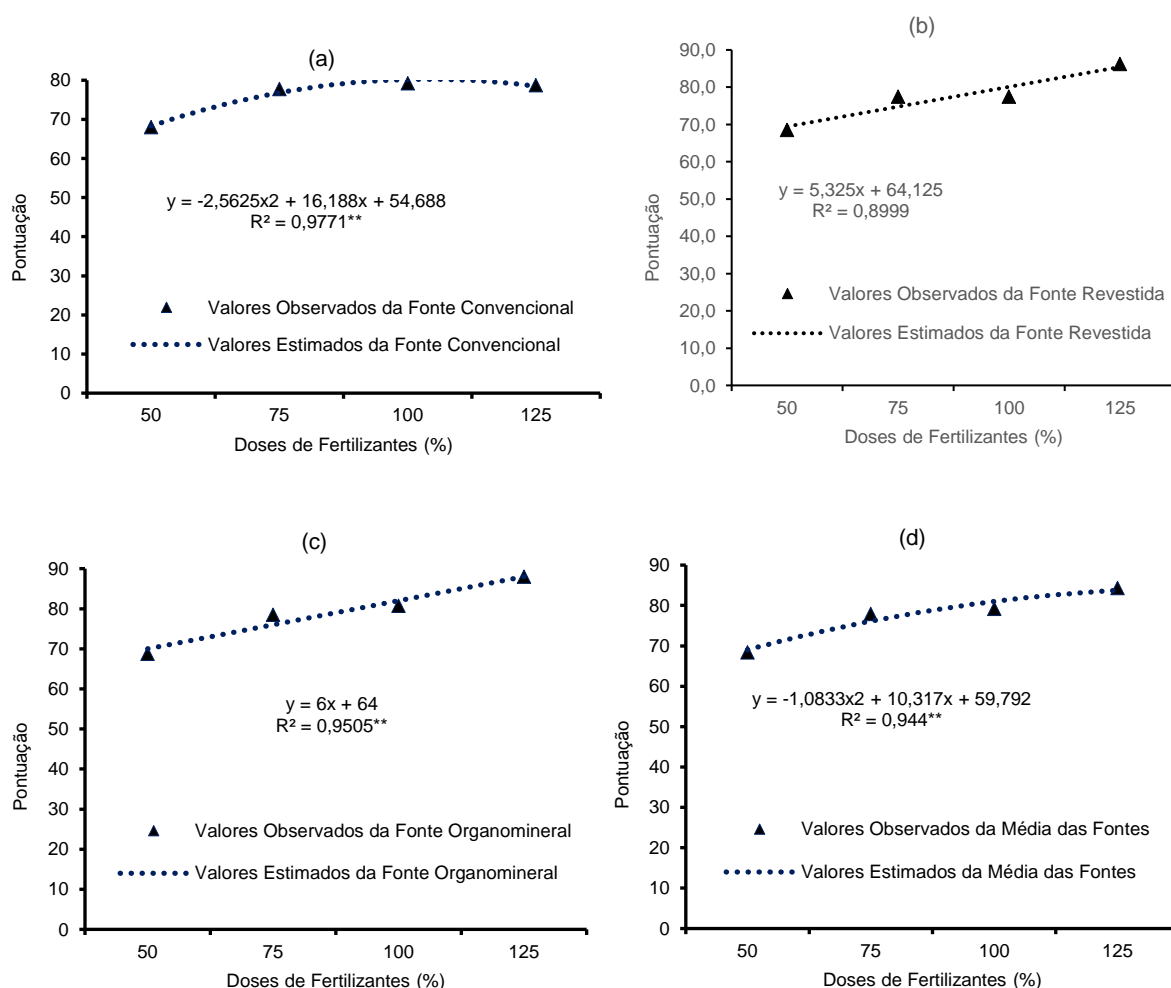


Figura 06. Valores experimentais e estimados de pontuação de bebida em função de diferentes doses da fonte convencional (a); revestida (b); organomineral (c) e média geral (d) para a safra 2021/2022. ******significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$). UnB, Brasília - DF, 2024.

Os valores observados e estimados de pontuação de bebida da safra 22/23 possibilitam o ajuste do modelo de regressão das fontes adotadas em diferentes doses (Figura 07), na qual a fonte convencional (Figura 07a) apresentou ajuste ao modelo linear com 81,55% dos dados explicados pela equação, além do coeficiente de determinação ser significativo a 1% de probabilidade, correspondendo de forma crescente ao aumento das doses.

A linha de tendência referente aos valores observados de pontuação de bebida para a média das fontes (Figura 07d) em que 94,4% dos dados foram explicados pela equação, apresentando coeficiente de determinação significativo a 5% de probabilidade apresentou comportamento polinomial de segunda ordem, denotando aumento da qualidade de bebida de forma não linear. As fontes revestidas (Figura

07b) e organomineral (Figura 07c) não apresentaram significância para os modelos de regressão analisados.

De acordo com este trabalho, Martinez et al. (2014) apresentam o efeito positivo do atendimento da demanda de N e K da planta na produção de grãos, teor de cafeína, fenóis totais, açúcares totais no índice de acidez total titulável. Clemente (2010) justifica o aumento da qualidade de bebida de café, uma vez que estes nutrientes estão envolvidos na biossíntese de compostos relacionados à qualidade química dos grãos crus, afetando diretamente o produto final.

A qualidade do produto final depende ainda da quantidade de fotoassimilados disponíveis principalmente na fase de enchimento de grãos (Clifford, 1985). Durante o enchimento de grãos, condições não favoráveis ao acúmulo de fotoassimilados pela planta acarretam em grãos de menor qualidade (Taiz e Zieger, 2004). Fatores de estresse, como déficit hídrico e nutricional podem reduzir o acúmulo de carboidratos, compostos fenólicos aldeídos, precursores da qualidade da bebida (Amorim et al., 1976; Fagan et al., 2011). Sendo assim, de acordo com os resultados encontrados no presente trabalho, dadas as condições da lavoura, idade das plantas, clima, altitude e cultivares, há um potencial de melhoria da qualidade de bebida a partir da nutrição do cafeeiro.

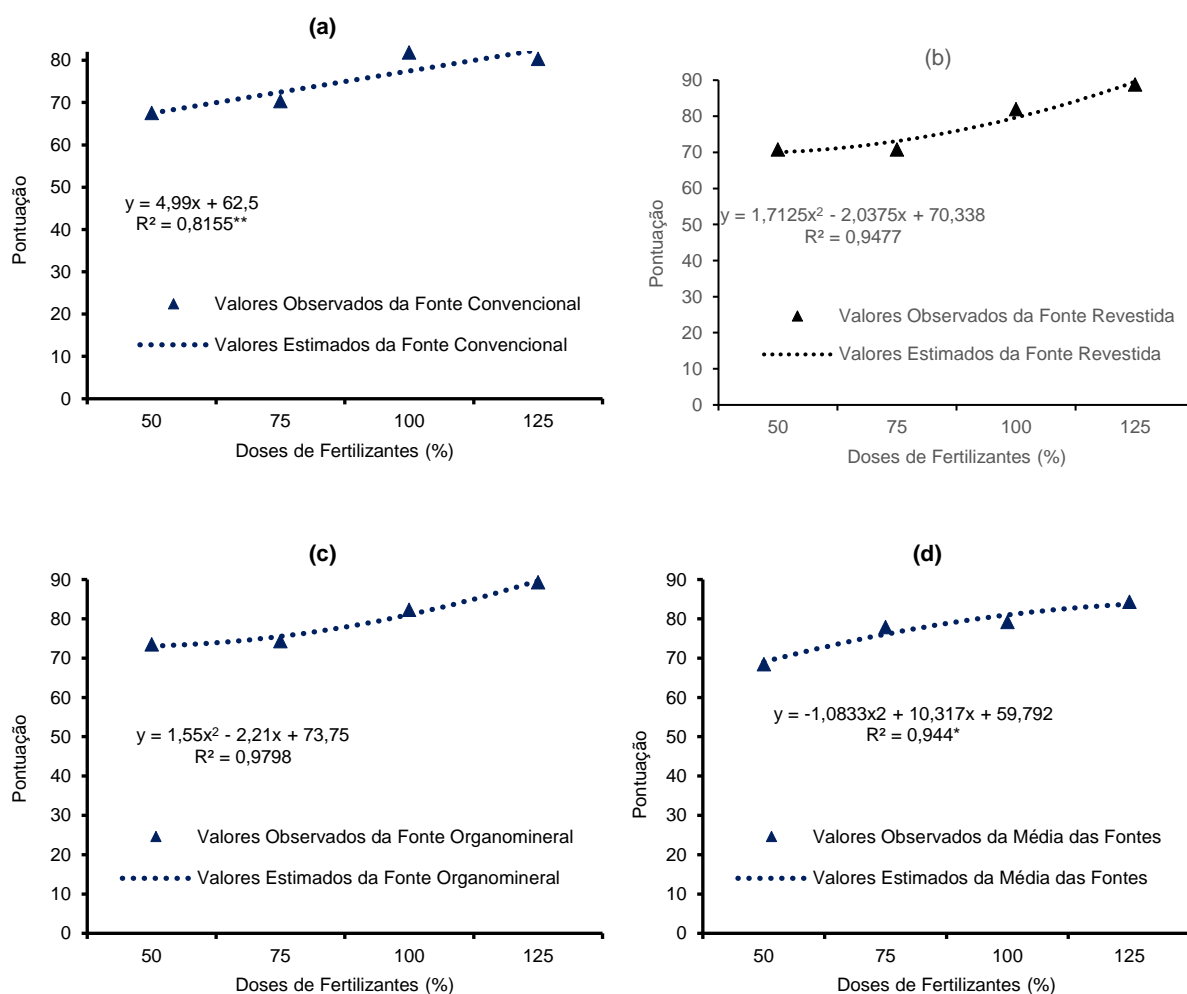


Figura 07. Valores experimentais e estimados de pontuação de bebida em função de diferentes doses da fonte convencional (a); revestida (b); organomineral (c) e média geral (d) para a safra 2022/2023. ******significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ***** significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). UnB, Brasília - DF, 2024.

3.1.2. Grãos chatos graúdos

O resumo da análise de variância para as médias de Grãos Chatos Graúdos (Tabela 14), denota interação para as fontes e doses avaliadas na safra 20/21 e na safra 21/22. Para a safra 22/23 nenhuma fonte de variação teve significância a 5 % pelo teste de F.

Tabela 14. Resumo da análise de variância para os valores médios de grãos chatos graúdos da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes fontes e doses de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022, 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

FV	GL	Quadrado Médio		
		20/21	21/22	22/23
Fonte	2	80,49**	8,21	108,31
Dose	3	812,87**	921,08*	88,83
Fonte x Dose	6	113,60**	55,12**	60,73
Blocos	3	5,30	8,56	34,29
Erro	33	9,01	19,18	45,35
Total	47	---	---	---
CV (%)		10,33	17,43	25,29
Média Geral		29,07	25,13	26,63

**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$); *significativo a 5% de probabilidade ($p < 0.05$).

Os valores médios do percentual de grãos retidos nas peneiras graúdas, sob diferentes fontes de nutrientes (Tabela 15) apresentam a não significância entre as fontes adotadas na safra 22/23.

Tabela 15. Valores médios de grãos chatos graúdos da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de fontes de nutrientes para a safra 22/23. UnB, Brasília - DF, 2024.

Fontes de Nutrientes	Grãos Chatos Graúdos (%)
	22/23
Convencional	25,08 a
Revestido	29,63 a
Organomineral	25,16 a
Teste F	2,39 ^{ns}
DMS (5%)	5,84
CV (%)	25,29

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ^{ns} = não significativo ($p > 0,05$).

Os valores médios da massa de grãos retidos nas peneiras graúdas, sob diferentes doses de nutrientes (Tabela 16) não apresentam significância para a safra 22/23.

Foi possível observar resultados semelhantes entre as fontes e doses avaliadas. Corroboram com os dados apresentados Silva (2017), que não encontrou influência na formação de grãos graúdos para fontes organominerais e polimerizadas. Moreira (2020) e Mendonça (2004) apontam ainda os efeitos de grãos com classificação de peneiras maiores na qualidade da bebida, uma vez que durante a

torra, numa massa de grãos desuniforme, os grãos menores são rapidamente queimados, reduzindo a qualidade no sabor e aroma da bebida.

Tabela 16. Valores médios do Grãos Chatos Graúdos (%) da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes doses de nutrientes para a safra 22/23. UnB, Brasília - DF, 2024.

Doses de Nutrientes	Grãos Chatos Graúdos (%)
	22/23
50	25,06 a
75	25,42 a
100	30,70 a
125	30,70 a
Teste F	1,96 ^{ns}
DMS (5%)	7,44
CV (%)	25,29

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ^{ns} = não significativo ($p > 0,05$).

Os valores médios do percentual de grãos retidos nas peneiras graúdas, sob a interação de diferentes fontes e doses de nutrientes (Tabela 17) apresentam significância para as safras 20/21 e 21/22. De forma geral, é possível inferir que as fontes analisadas apresentaram aumento no percentual de grãos observados nas peneiras graúdas à medida que houve aumento das doses. Entre as fontes avaliadas, observou-se desempenho superior para as fontes revestida e organomineral na dose de 125%, causado pelo maior fornecimento de nutrientes de forma controlada.

De acordo com Moreira (2020) e Mendonça (2004) o aumento no fornecimento de nutrientes é capaz de prover a planta e aumentar o envio de fotoassimilados no momento do enchimento dos grãos, proporcionando maior formação de grãos graúdos. Leite Júnior (2014) ressalta que o uso da dose que atenda a demanda da cultura favorece o desenvolvimento reprodutivo da cultura, promovendo mais resultados e grãos mais desenvolvidos.

Os melhores resultados obtidos pela fonte organomineral e a fonte revestida evidenciam a liberação controlada de nutrientes, atendendo a necessidade da planta e contribuindo com formação das estruturas reprodutivas, resultados semelhantes foram encontrados pelos autores Fernandes et al. (2009), Moreira (2020) Silva (2024). As médias para as fontes revestida e organomineral tiveram ganhos expressivos com a utilização das doses de 100 e 125%.

O desempenho superior de fertilizantes revestidos pode estar relacionado ao fornecimento regulado de nutrientes, que promove a redução da lixiviação do K e da adsorção do P (Shaviv, 2001; Didonet et al., 2005; Guareschi et al., 2011; Silva, 2024).

Foi possível observar ainda, na safra 20/21, maior percentual de grãos graúdos para a fonte revestida, mesmo quando comparada à fonte organomineral, Kiehl (2008) explica esse comportamento devido à fração de matéria orgânica capaz de melhorar a disponibilidade de nutrientes no solo através da bioestimulação da ação de microrganismos, aumento da atividade enzimática do solo e melhoria da porosidade, fatores que contribuem com o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da cultura.

Os resultados permitem inferir que doses abaixo de 100% para todas as fontes geram grãos menores. A presença de grãos menores na massa de grãos faz com que o processo de torra ocorra desuniforme, fazendo com que os grãos menores torrem primeiro que os grãos maiores degradando dessa forma o aroma e o sabor do produto (Moreira, 2020).

Tabela 17. Valores médios de grãos chatos graúdos da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes fontes e doses de nutrientes para as safras 20/21 e 21/22. UnB, Brasília - DF, 2024.

Fontes de Nutrientes		Dose			
		50	75	100	125
Grãos Chatos peneira 18 (20/21)		---%---			
	Convencional	27,52Aa	19,56Ba	32,52Ab	30,63Ab
	Revestido	19,55Cb	23,48Ca	38,47Ba	45,07Aa
	Organomineral	18,87Cb	24,09CBa	29,07Ba	39,95Aa
	Teste F (Fontes x Doses)	12,61**			
	DMS - Fontes dentro de Doses	5,21			
	DMS - Doses dentro de fontes	5,74			
	CV (%)	10,33			
Fontes de Nutrientes		Dose			
		50	75	100	125
Grãos Chatos peneira 18 (21/22)		---%---			
	Convencional	14,12Aa	14,12Aa	32,29Ba	36,71Ba
	Revestido	19,28Aab	16,06Aa	31,98Ba	35,21Ba
	Organomineral	23,86ABb	18,81Aa	28,14Ba	31,00Ba
	Teste F (Fontes x Doses)	2,87*			
	DMS - Fontes dentro de Doses	7,60			
	DMS - Doses dentro de fontes	8,38			
	CV (%)	17,43			

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey; * significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

De acordo com os valores observados e estimados para o percentual de grãos chatos graúdos na safra 20/21 (Figura 08) e com o ajuste dos modelos de regressão, foi possível verificar o comportamento linear da fonte revestida (Figura 08b), em que 95,29% dos dados são explicados pela equação, além do coeficiente de determinação ser significativo a 1% de probabilidade.

A fonte organomineral (Figura 08c) em que 95,92% dos dados são explicados pela equação, além do coeficiente de determinação ser significativo a 1% de probabilidade adequando-se a curva linear, bem como para a média das fontes (Figura 08d), em que 90,58% dos dados são explicados pela equação, além do coeficiente de determinação ser significativo a 1% de probabilidade adequando-se a curva linear mostrando aumento dos grãos graúdos à medida que houve aumento da dose do respectivo fertilizante. A fonte convencional apresentou significância para o modelo polinomial.

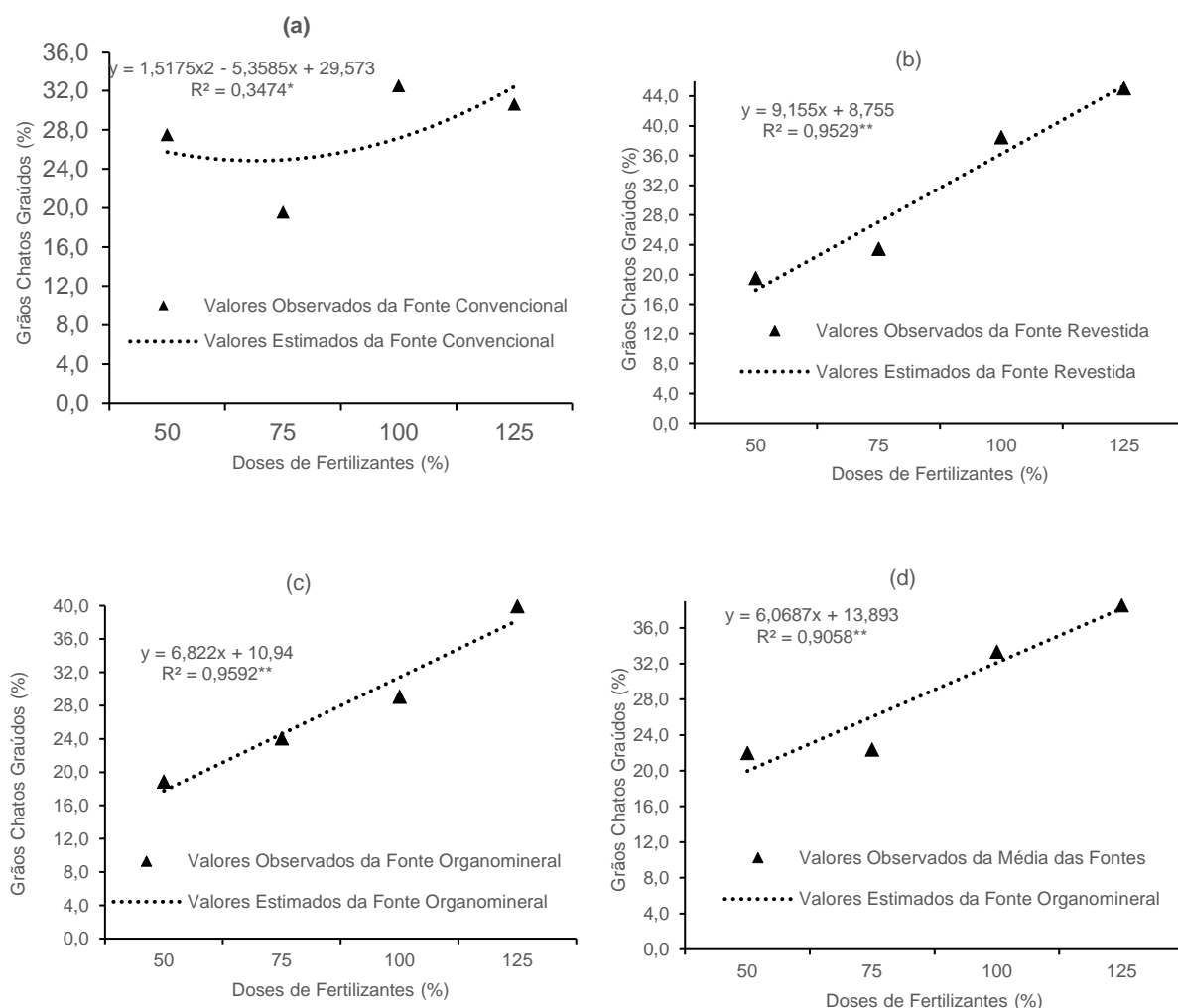


Figura 08. Valores experimentais e estimados de grãos graúdos chatos em função de diferentes doses de nutrientes da fonte convencional (a); revestida (b); organomineral (c) e média geral (d) para a safra 2021/2022. ** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). UnB, Brasília - DF, 2024.

De acordo com os valores observados e estimados para o percentual de grãos chatos graúdos na safra 20/21 (Figura 09), foi possível observar aumento linear da massa desses grãos em resposta ao aumento das doses dos fertilizantes adotados. Os valores da massa de grãos observados para a fonte convencional (Figura 09a) obtiveram 86,87% dos dados explicados pela equação e coeficiente de determinação significativo a 1% de probabilidade adequando-se a linha de tendência linear.

A fonte revestida (Figura 09b) em que a equação explica 76,87% dos dados, com coeficiente de determinação significativo a 1% de probabilidade adequando-se a curva linear. A fonte organomineral (Figura 09c) com 55,85% dos dados explicados pela equação, apresentou coeficiente de determinação significativo a 1% de probabilidade adequando-se a linha de tendência linear. A média das fontes (Figura

09d) com 78,49% dos dados explicados pela equação e coeficiente de determinação significativo a 1% de probabilidade adequando-se a linha de tendência linear.

Moreira (2020) encontrou diferença estatística para doses que atenderam a demanda nutricional da cultura, favorecendo a maior retenção de grãos nas peneiras maiores, o autor também observou que houve menor formação de grãos maiores para adubação abaixo da exigência da cultura. O fornecimento da dose adequada é capaz de atender a demanda nutricional da planta, contribuindo para o enchimento de grãos e a formação de grãos graúdos (Laviola et al., 2006; Matiello et al., 2020).

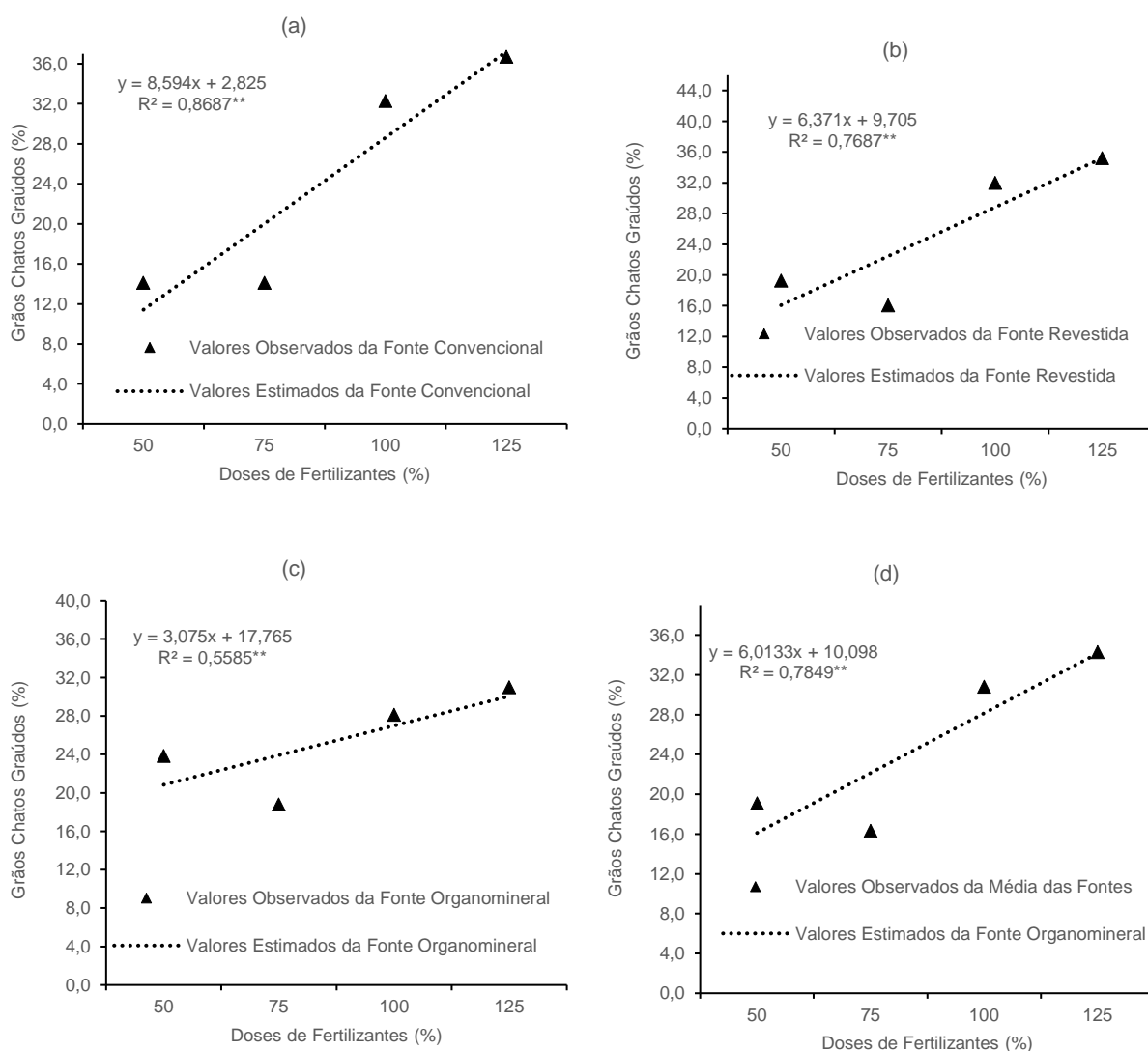


Figura 09. Valores experimentais e estimados de grãos chatos graúdos em função de diferentes doses de nutrientes da fonte convencional (a); revestida (b); organomineral (c) e média geral (d) para a safra 2020/2021. ** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). UnB, Brasília - DF, 2024.

3.1.3. Grãos Moca graúdos

O resumo da análise de variância para as médias de grãos moca graúdos (Tabela 18), denota significância para as doses avaliadas na safra 21/22 e interação entre os dois fatores na safra 20/21. Para o ano de colheita 2023 nenhuma fonte de variação teve significância a 5 % pelo teste de F.

Tabela 18. Resumo da análise de variância para os valores médios de grãos moca peneira 13 da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes fontes e doses de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022, 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

FV	GL	Quadrado Médio		
		20/21	21/22	22/23
Fonte	2	27,55**	46,21	39,70
Dose	3	6,15	128,74*	13,29
Fonte x Dose	6	11,23*	6,49	25,85
Blocos	3	1,64	42,93	11,68
Erro	33	3,58	21,26	15,97
Total	47	---	---	---
CV (%)		17,42	28,60	33,03
Média Geral		10,86	16,12	12,10

**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$); *significativo a 5% de probabilidade ($p < 0.05$).

Os valores médios da massa de grãos moca graúdos, sob diferentes fontes de nutrientes (Tabela 19) não apresentaram significância para a safra 21/22 e 22/23. Silva (2017) também não encontrou diferença para as mesmas fontes com tecnologia associada analisadas no presente trabalho.

Tabela 19. Valores médios dos grãos moca graúdos da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de fontes de nutrientes para os anos 21/22 e 22/23. UnB, Brasília - DF, 2024.

Fontes de Nutrientes	Grãos Moca Graúdos (%)	
	21/22	22/23
Convencional	16,77 a	11,17 a
Revestido	14,20 a	13,92 a
Organomineral	17,41 a	11,22 a
Teste F	2,17 ^{ns}	2,49 ^{ns}
DMS (5%)	4,00	3,47
CV (%)	28,6	33,03

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ^{ns} = não significativo ($p > 0,05$).

Os valores médios do percentual de grãos moca graúdos, sob diferentes doses de nutrientes (Tabela 20) apresentaram na safra 21/22 maior formação de grãos moca graúdos para a dose de 75%, observou-se que o uso de doses elevadas propiciou redução no percentual de grãos moca. Matiello et al. (2020) justificam que o melhor fornecimento de nutrientes reduz a presença dessa anomalia na formação dos grãos.

Tabela 20. Valores médios do grãos moca graúdos da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes doses de nutrientes para os anos 21/22 e 22/23. UnB, Brasília - DF, 2024.

Doses de Nutrientes	Grãos Moca Graúdos (%)	Grãos Moca Graúdos (%)
	21/22	22/23
50	17,29 ab	12,28 a
75	20,21 b	13,48 a
100	13,87 a	11,02 a
125	13,12 a	11,63 a
Teste F	6,06**	0,83ns
DMS (5%)	5,09	4,41
CV (%)	28,6	33,03

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey; **significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$); ns = não significativo ($p > 0,05$).

Os valores observados e estimados do percentual de Grãos Moca Graúdos para a média das fontes da safra 21/22 (Figura 10) em que 55,24% dos dados são explicados pela equação, com coeficiente de determinação significativo a 1% de probabilidade permitindo verificar comportamento linear para a média das fontes, com tendência de queda da massa de grãos moca à medida em que se aumentou a dose utilizada. Laviola et al. (2006) apresentou que suprimentos inadequados de nutrientes podem influenciar na fertilização das flores do cafeeiro, gerando aumento na formação de grãos moca. Matiello et al. (2020) expôs que durante a fase reprodutiva, os frutos constituem a principal destinação dos fotoassimilados e nutrientes, podendo até mesmo concorrer entre si, concluindo que maiores quantidades de frutos podem acarretar em menor tamanho dos grãos.

Os valores médios do percentual de grãos graúdos, sob diferentes fontes e doses de nutrientes (Tabela 21) apresentaram interação entre os dois fatores mencionados na safra 20/21. A fonte convencional apresentou maior percentual de grãos graúdos do tipo moca quando adotada em doses de 50 e 75%. As fontes revestidas e organomineral apresentaram menor massa destes grãos na dose de 100% e 125%.

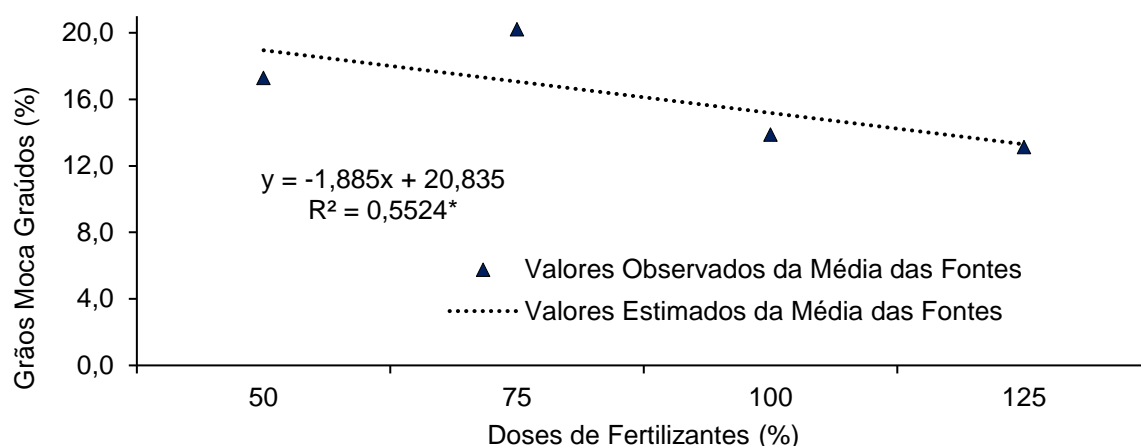


Figura 10. Valores experimentais e estimados de Grãos Graúdos Chatos Graúdos em função de diferentes doses de nutrientes da safra 2021/2022. *significativo a 5% de probabilidade ($p < 0.05$). UnB, Brasília - DF, 2024.

Logo, o aumento de doses da fonte revestida e organomineral foi acompanhado por redução na ocorrência de grãos moca, esse fator pode ser explicado uma vez que a nutrição do cafeeiro contribui para o enchimento de grãos ao mesmo tempo que plantas com doses abaixo do recomendado podem apresentar maior ocorrência de formação de grãos moca. Laviola et al. (2006) apresentam que há maior tendência na formação de grãos moca quando a demanda de P não é atendida, uma vez que esse nutriente está relacionado com a formação e fertilização.

Tabela 21. Valores médios de grãos moca graúdos (%) da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes fontes e doses de nutrientes para a safra de 2020/2021. UnB, Brasília - DF, 2024.

Doses de Nutrientes	Dose			
	50	75	100	125
	-----%-----			
Convencional	12,1Ab	18,4Ab	12,8Aa	17,1Aa
Revestido	4,7Aa	5,0Aa	12,6Ba	15,1Ba
Organomineral	5,6Aa	3,6Aa	14,9Ba	17,5Ba
Teste F (Fontes x Doses)	5,65**			
DMS - Fontes dentro de Doses	2,95			
DMS - Doses dentro de fontes	3,75			
CV (%)	29,25			

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de tukey a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

De acordo com os valores observados e estimados para o percentual de grãos moca graúdos na safra 20/21 (Figura 11), observou-se para a fonte revestida (Figura 11b) que 75,36% dos dados são explicados pela equação, além do coeficiente de

determinação ser significativo a 5% de probabilidade adequando-se a curva polinomial de segunda ordem, com resultados decrescentes até a dose de 100%, esse comportamento pode ser explicado pela lenta disponibilização dos nutrientes, característica da fonte revestida (Guareschi et al. 2011).

Os valores de grãos moca graúdos para a fonte organomineral (Figura 11c) em que 95,73% dos dados são explicados pela equação e coeficiente de determinação significativo a 1% de probabilidade adequando-se a linha de tendência linear bem como a média geral das fontes (Figura 11d) que apresentou 97,85% explicados pela equação, com coeficiente de determinação significativo a 5% de probabilidade com uma tendência linear, decrescendo à medida em que houve aumento da dose utilizada.

Diversos autores corroboram com os resultados do presente estudo, Rena e Maestri, 2000; ; Laviola et al., 2006; Pereira et al., 2021; apresentaram o aumento de formação de grãos moca bem como maior número de grãos em peneiras inferiores quando a exigência nutricional da planta não é atendida. Pereira et al. (2021) defende a importância da formação de grãos graúdos sobre a valorização e qualidade do produto final.

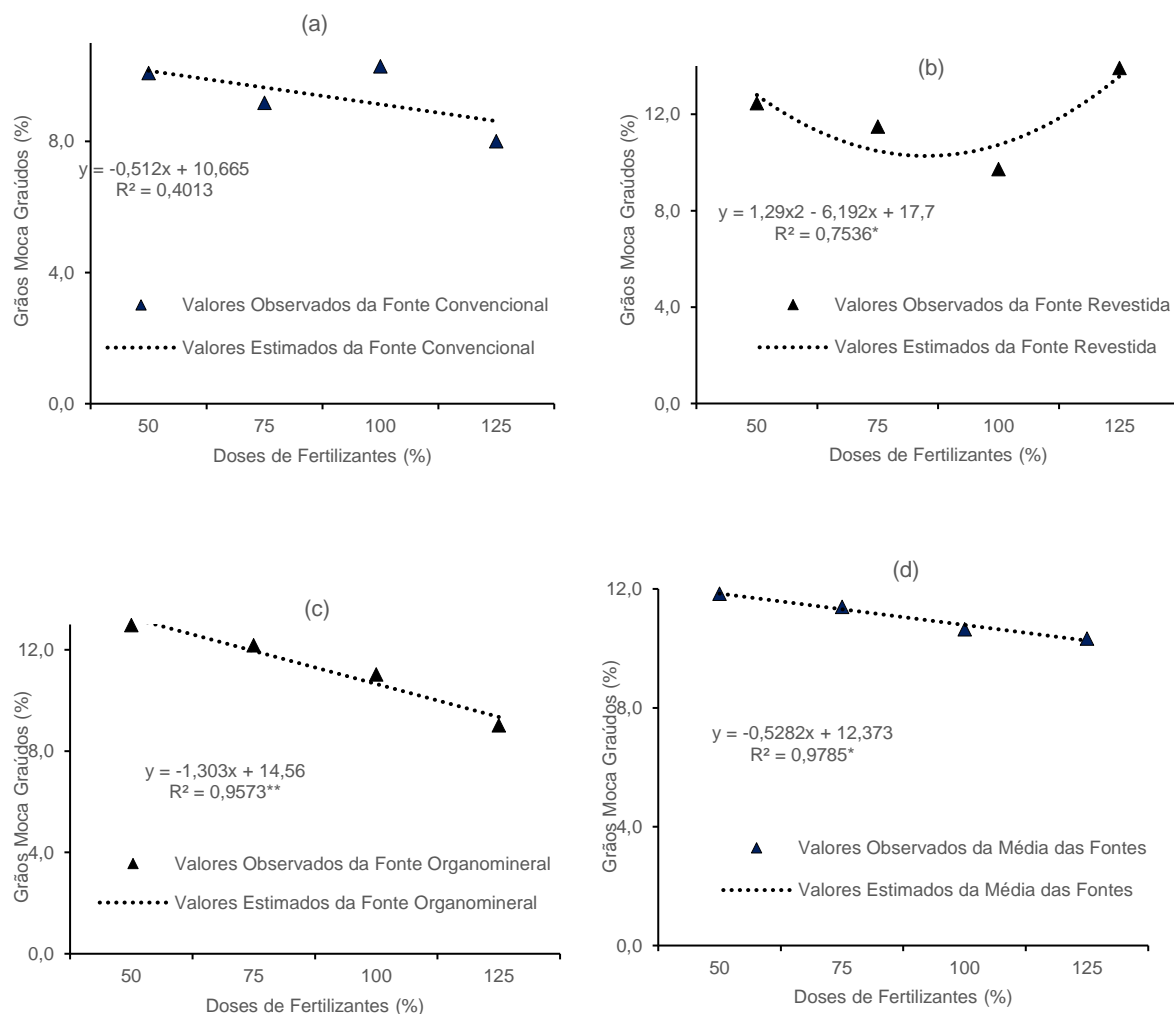


Figura 11. Valores experimentais e estimados de Grãos Moca Graúdos em função de diferentes doses de nutrientes da Fonte Convencional (a); Revestida (b); Organomineral (c) e Média Geral (d) para a safra 2020/2021. ******significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$); *****significativo a 5% de probabilidade ($p < 0.05$). UnB, Brasília - DF, 2024.

3.1.4. Grãos no fundo do teste de peneiras

O resumo da análise de variância para as médias de grãos no fundo do teste de peneiras (Tabela 22), denota interação entre os dois fatores na safra 20/21 e 21/22.

Tabela 22. Resumo da análise de variância para os valores médios de grãos no fundo do teste de peneiras da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes fontes e doses de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022, 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

FV	GL	Quadrado Médio		
		20/21	21/22	22/23
Fonte	2	0,44**	0,44	2,76
Dose	3	3,82**	3,82**	0,84
Fonte x Dose	6	0,81**	0,81*	1,32
Blocos	3	1,33	1,33	2,72
Erro	33	0,34	0,34	1,00
Total	47	---	---	---
CV (%)		26,65	46,76	57,77
Média Geral		1,30	1,25	1,73

**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$); *significativo a 5% de probabilidade ($p < 0.05$).

Os valores médios da massa de grãos no fundo do teste de peneiras, sob diferentes fontes de nutrientes (Tabela 23) não apresentaram diferença significativa para a safra 22/23. Grãos mal granados e de menor tamanho que não são retidos em nenhuma peneira, passam direto para o fundo do teste (Pereira et al., 2021).

Tabela 23. Valores médios de Grãos no fundo do teste de peneiras da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de fontes de nutrientes para a safra 22/23. UnB, Brasília - DF, 2024.

Fontes de Nutrientes	Grãos no Fundo (%)
	22/23
Convencional	1,58a
Revestido	1,42a
Organomineral	2,20a
Teste F	0,08 ^{ns}
DMS (5%)	0,87
CV (%)	57,77

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ^{ns} = não significativo ($p > 0,05$).

Os valores médios da massa de grãos no fundo do teste de peneiras, sob diferentes doses de nutrientes (Tabela 24) não apresentaram diferença significativa para a safra 22/23. Outros fatores além do fornecimento de nutrientes podem estar atrelados à formação dos grãos, como é o caso da disponibilidade hídrica, que atua não só na formação e enchimento dos frutos, mas também na época e no número de floradas, no abortamento das flores, no crescimento e pegamento dos frutos,

repercutindo em menores rendimentos, grãos de menores tamanhos, e menor produção.

No presente experimento houve uma boa intensidade de chuvas dos meses em que ocorre o enchimento de grãos (entre janeiro a abril) fator que possivelmente contribuiu para a formação de grãos graúdos, reduzindo aqueles menores e mal formados que compõem o fundo do teste de peneiras (Moreira, 2020; Pereira, et al., 2021).

Tabela 24. Valores médios de grãos no fundo do teste de peneiras da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes doses de nutrientes para a safra 22/23. UnB, Brasília - DF, 2024.

Doses de Nutrientes	Grãos no Fundo (%)
	22/23
50	1,49a
75	2,03a
100	1,52a
125	1,89a
Teste F	0,48ns
DMS (5%)	1,11
CV (%)	57,77

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ns = não significativo ($p>0,05$).

Os valores médios da massa de grãos no fundo do teste de peneiras, sob diferentes fontes e doses de nutrientes (Tabela 25) apresentaram interação entre os dois fatores mencionados nas safras 20/21 e 21/22. A Safra 20/21 apresentou menores valores no fundo a medida em que houve aumento das doses utilizadas, ainda é possível observar, que para a dose de 50% a fonte convencional apresentou resultado inferior às demais.

Para a safra 21/22 os maiores valores encontrados foram para a fonte revestida à 50% da dose recomendada e quando utilizada a dose de 125% as fontes revestidas e organomineral apresentaram menor massa de grãos no fundo do teste de peneiras. O aumento da formação de grãos de peneiras inferiores e mal granados pode estar relacionado à falta de nutrientes associada à indisponibilidade hídrica na época de enchimento de grãos, características de lavoura de sequeiro (Pereira, et al., 2021). A massa de grãos retidos no fundo do teste de peneiras mostra a queda na qualidade do produto final, uma vez que grãos menores e mesmo mal formados torram rapidamente, fazendo com que a bebida adquira apreciação indesejável (Moreira, 2020).

Tabela 25. Valores médios de grãos no fundo do teste de peneiras da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 em função de diferentes fontes e doses de nutrientes para as safras 20/21 e 21/22. UnB, Brasília - DF, 2024.

	Fontes de Nutrientes	Dose			
		50	75	100	125
20/21		-----%-----			
	Convencional	1,53aB	1,68aB	0,36aA	0,66aA
	Revestido	2,33bC	1,55aB	0,31aA	0,32aA
	Organomineral	3,89cC	2,13aB	0,55aA	0,24aA
	Teste F (Fontes x Doses)	0,00**			
	DMS - Fontes dentro de Doses	0,60			
	DMS - Doses dentro de fontes	0,66			
	CV (%)	26,65			
	Fontes de Nutrientes	Dose			
		50	75	100	125
21/22		-----%-----			
	Convencional	2,14aA	0,92aA	0,88aA	0,30aA
	Revestido	2,43aB	1,38aAB	0,67aA	1,02abA
	Organomineral	1,45aA	1,70aA	0,71aA	1,36bA
	Teste F (Fontes x Doses)	0,05*			
	DMS - Fontes dentro de Doses	1,01			
	DMS - Doses dentro de fontes	1,12			
	CV (%)	47,76			

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade; **significativo a 1% de probabilidade; *significativo a 5% de probabilidade.

De acordo com os valores observados e estimados para a massa de grãos no fundo do teste de peneiras para a safra 21/22 (Figura 12), verificou-se para a fonte organomineral (Figura 12c) 99,3% dos dados foram explicados pela equação e coeficiente de determinação significativo a 1% de probabilidade com comportamento polinomial de segunda ordem, decrescente, ou seja, a quantidade de grãos que não foram retidos em nenhuma das peneiras por serem pequenos diminuiu à medida em que houve aumento das doses. Logo, é possível inferir que os grãos se desenvolvem mais, ganham mais tamanho e massa quando recebem doses de nutrientes que atendam as recomendações para a cultura, contribuindo dessa forma com o rendimento da lavoura (Silva, 2024).

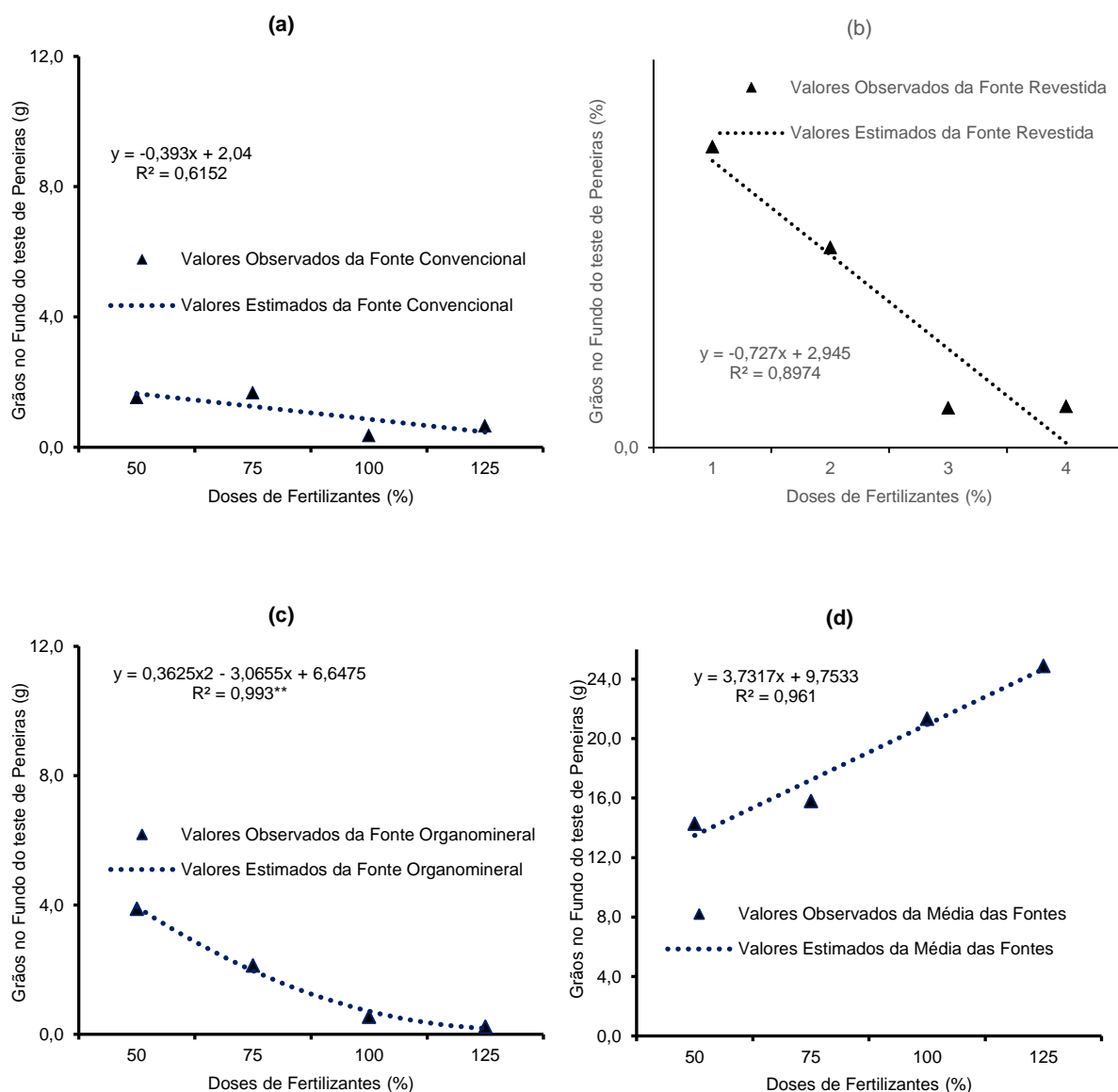


Figura 12. Valores experimentais e estimados de grãos no fundo do teste de peneiras em função de diferentes doses de nutrientes da fonte convencional (a); revestida (b); organomineral (c) e média geral (d) para a safra 2021/2022. **significativo a 1% de probabilidade. UnB, Brasília - DF, 2024.

De acordo com os resultados observados para a massa de grãos no fundo do teste de peneiras para a safra 22/23 (Figura 13), foi possível observar comportamento linear para a fonte convencional, com 86,06% dos dados explicados pela equação, com coeficiente de determinação significativo a 1% de probabilidade (Figura 13a), enquanto para a fonte revestida, 98,51% dos dados são explicados pela equação, com coeficiente de determinação significativo a 5% de probabilidade (Figura 13b) e a média das fontes em que 97,94% dos dados são explicados pela equação, com coeficiente de determinação significativo a 5% de probabilidade (Figura 13d)

apresentaram comportamento polinomial de segunda ordem. Assim como na safra anterior, houve decréscimo de grãos no fundo, com o aumento das doses, mostrando que doses maiores contribuem com a redução de grãos pequenos (Moreira 2020; Silva 2024).

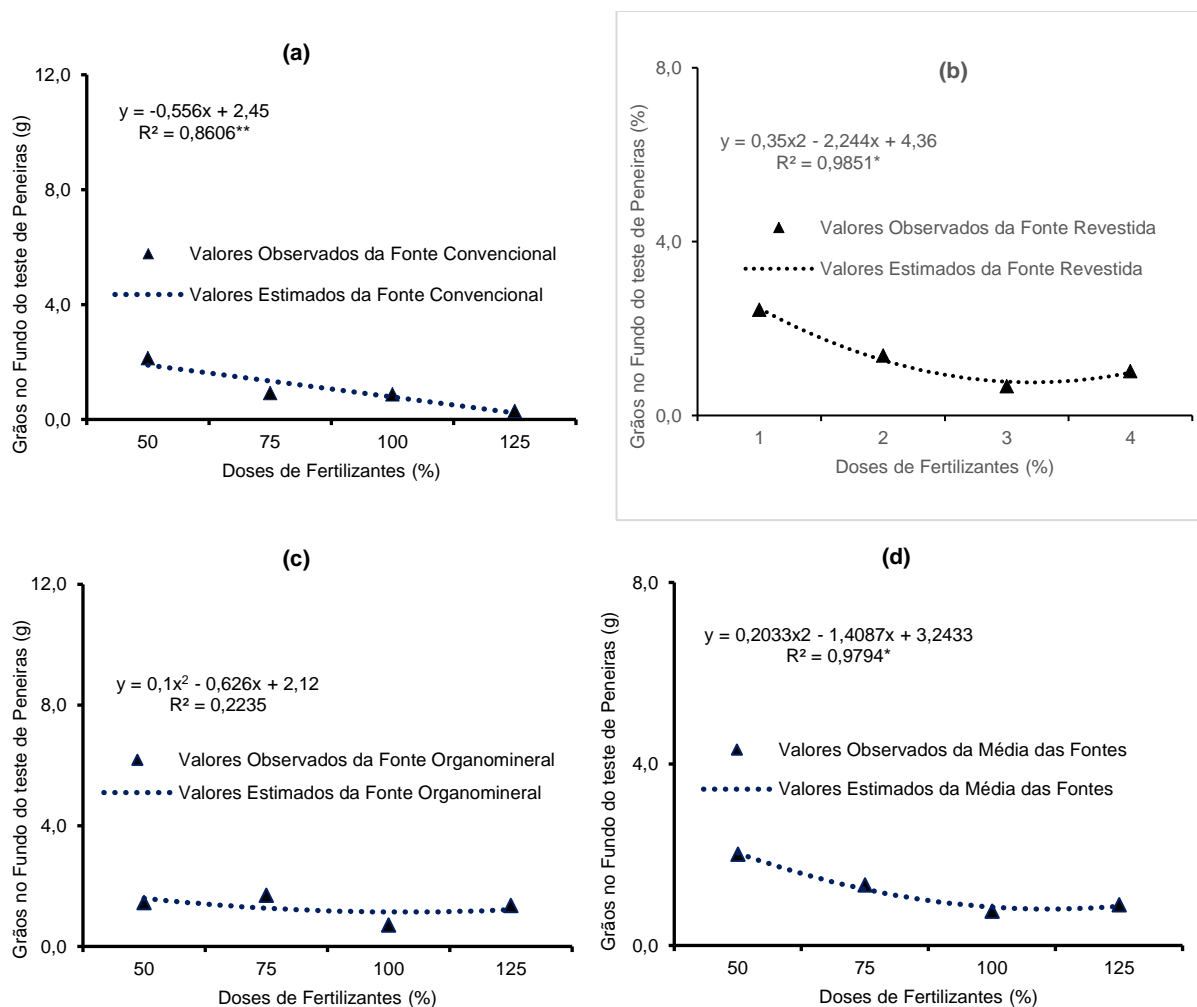


Figura 13. Valores experimentais e estimados de grãos no fundo do teste de peneiras em função de diferentes doses de nutrientes da fonte convencional (a); revestido (b); organomineral (c) e média geral (d) para a safra 2022/2023. **significativo a 1% de probabilidade; *significativo a 5% de probabilidade. UnB, Brasília - DF, 2024.

3.2. Experimento II

3.2.1. Pontuação de bebida do café

De acordo com o resumo da análise de variância para as médias de pontuação de bebida (Tabela 26), verificou-se que houve interação entre os dois fatores analisados na safra 21/22 e 22/23.

Tabela 26. Resumo da análise de variância para os valores médios de pontuação de bebida da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de diferentes fontes e doses de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022, 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

FV	GL	Quadrado Médio		
		20/21	21/22	22/23
Fonte	2	3,03	56,33**	58,53**
Parcelamento	2	0,03	69,75**	560,03**
Fonte x Parcelamento	4	0,36	50,58**	76,94**
Blocos	3	1,44	5,06	5,36
Erro	24	1,27	6,63	4,03
Total	35	---	---	---
CV (%)		1,41	3,27	2,88
Média Geral		80,14	78,75	69,69

**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$).

Os valores médios de pontuação de bebida, sob diferentes fontes de nutrientes (Tabela 27) não apresentaram diferença significativa para a safra 20/21. Mesmo com doses reduzidas, as fontes revestidas e organomineral obtiveram o mesmo desempenho da fonte convencional, corroboram estes resultados Silva (2017), testando diferentes fontes na cultivar Oeiras não encontrou diferença significativa.

Martinez et al., (2014) apresenta a influência da nutrição mineral do cafeeiro sobre a qualidade da bebida de duas formas, direta, por seu papel no metabolismo da planta e acúmulo de compostos químicos desejáveis, do ponto de vista do aroma e sabor do café, e indireta, por seu papel na produção de compostos que interferem no desenvolvimento microbiano nos grãos.

Fatores que afetam a composição mineral dos grãos, como o estado nutricional do cafeeiro e a quantidade de compostos orgânicos (celulose, hemicelulose, óleos, trigonelina, ácido clorogênico e composto nitrogenados) necessitam estar em equilíbrio para a formação de aroma e sabor, resultando em bebida de qualidade (Oliveira, 2010; Fagan et al., 2011; Silva 2017).

Tabela 27. Valores médios da pontuação de bebida da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de fontes de nutrientes para as safras 2020/2021. UnB, Brasília - DF, 2024.

Fontes de Nutrientes	Pontuação de bebida do café
	20/21
Convencional	80a
Revestido	79a
Organomineral	80a
Teste F	0,11 ^{ns}
DMS (5%)	1,15
CV (%)	1,41

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ^{ns} = não significativo ($p>0,05$).

Os valores médios de pontuação de bebida, sob diferentes parcelamentos de nutrientes (Tabela 28) não apresentaram diferença significativa para a safra 20/21.

Tabela 28. Valores médios da pontuação de bebida da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de diferentes parcelamentos de nutrientes para os anos 2020/2021. UnB, Brasília - DF, 2024.

Parcelamentos de Nutrientes	Pontuação de bebida do café
	20/21
Aplicação Única	80a
Duas Parcelas	80a
Três parcelas	80a
Teste F	0,98 ^{ns}
DMS (5%)	1,15
CV (%)	1,41

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ^{ns} = não significativo ($p>0,05$).

Os valores médios de pontuação de bebida, sob diferentes fontes e parcelamentos de nutrientes (Tabela 29) apresentaram interação para a safra 21/22 e 22/23. De forma que na safra 21/22 a fonte convencional apresentou resultados semelhantes entre os parcelamentos, enquanto a fonte revestida e organomineral tiveram melhor desempenho para pontuação de bebida quando foram utilizados os três parcelamentos. Também foi possível observar que não houve diferença entre as fontes quando a adubação foi feita em único parcelamento, porém, para dois e três parcelamentos a fonte convencional apresentou resultados inferiores.

Na safra 22/23 a fonte convencional teve melhor desempenho para dois parcelamentos da adubação, enquanto as fontes revestidas e organomineral apresentaram maiores pontuações à medida em que se aumentou o parcelamento.

Novamente a parcela única não apresentou diferença entre as fontes, enquanto o tratamento em três parcelas foi superior para as fontes revestida e organomineral.

Maiores pontuações alcançadas por fonte organomineral, ocorrem devido a melhora de atributos químicos, contribuindo com o aroma e sabor da bebida (Clemente, 2010; Jara et al., 2019; Silva 2024). Para Martinez et al., (2014), o suprimento da demanda de potássio na planta que confere a formação dos frutos e influencia na qualidade de bebida.

Tabela 29. Valores médios da pontuação de bebida da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de diferentes fontes e parcelamentos de nutrientes para a safra 2021/2022 e 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

	Fontes de Nutrientes	Parcelamentos		
		Aplicação Única	Duas Parcelas	Três Parcelas
21/22	-----Pontuação de bebida do café-----			
	Convencional	78,50Aa	75,25Ab	78,00Ab
	Revestido	76,75Ba	78,00Bab	85,00Aa
	Organomineral	75,75Ba	80,00ABa	84,50Aa
	Teste F (Fontes x Parcelamentos)	0,00**		
	DMS - Fontes dentro de Parcelamentos	4,55		
	DMS - Parcelamentos dentro de fontes	4,55		
	CV (%)	3,27		
	Fontes de Nutrientes	Parcelamentos		
		Aplicação Única	Duas Parcelas	Três Parcelas
22/23	-----Pontuação de bebida do café-----			
	Convencional	60,25Ca	73,50Aa	67,75Bb
	Revestido	63,50Ca	69,00Bb	79,50Aa
	Organomineral	62,75Ca	71,74Bab	79,25Aa
	Teste F (Fontes x Parcelamentos)	0,00**		
	DMS - Fontes dentro de Parcelamentos	3,55		
	DMS - Parcelamentos dentro de fontes	3,55		
	CV (%)	2,88		

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade; **significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$).

3.2.2. Grãos Chatos Graúdos

De acordo com o resumo da análise de variância para as médias de grãos chatos graúdos (Tabela 30), verificou-se que houve influência para os parcelamentos na safra 20/21 e interação entre os dois fatores analisados nas safras, 21/22.

Tabela 30. Resumo da análise de variância para os valores médios de grãos chatos graúdos da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de diferentes fontes e parcelamentos de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022, 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

FV	GL	Quadrado Médio		
		20/21	21/22	22/23
Fonte	2	31,26	87,49**	55,73
Parcelamento	2	130,43**	203,39**	42,97
Fonte x Parc.	4	32,09	25,61*	22,51
Blocos	3	8,09	14,70	54,47
Erro	24	12,95	8,29	36,64
Total	35	---	---	---
CV (%)		14,08	10,46	21,17
Média Geral		25,56	27,52	28,59

**significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$); *significativo a 5% de probabilidade.

Os valores médios de massa de grãos chatos graúdos, sob diferentes fontes de nutrientes (Tabela 31) não apresentaram significância para a safra 20/21 e 22/23, mesmo em diferentes doses. Foi possível observar valores estatisticamente iguais para as três fontes, Shaviv (2001) e Fernandes et al., (2009) defendem a redução de doses com o uso de fontes de liberação lenta, por estarem menos sujeitas às perdas de nutrientes, promovendo dessa forma uma melhor assimilação dos nutrientes pelas plantas.

Tabela 31. Valores médios de grãos chatos graúdos (%) da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de fontes de nutrientes para as safras 20/21 e 22/23. UnB, Brasília - DF, 2024.

Fontes de Nutrientes	Grãos chatos graúdos (%)	
	20/21	22/23
Convencional	26,59 a	26,48a
Revestido	26,39 a	28,51a
Organomineral	23,70 a	30,79a
Teste F	2,41 ^{ns}	1,52 ^{ns}
DMS (5%)	3,67	6,17
CV (%)	14,08	21,17

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ^{ns} = não significativo ($p > 0,05$).

Os valores médios de massa de grãos chatos graúdos, sob diferentes parcelamentos de nutrientes (Tabela 32) não apresentou significância para a safra 22/23. Foi possível observar valores estatisticamente iguais para os parcelamentos

adotados. Enquanto a safra 20/21 apresentou menor formação de grãos chatos graúdos para a aplicação única.

Leite Júnior (2014) e Vilella e Faria (2003) corroboram com os resultados apresentados, uma vez que não verificaram influência dos parcelamentos adotados sobre classificação granulométrica de grãos de café. Processos de fixação e lixiviação são responsáveis pela redução da disponibilidade de NPK, esses processos aliados a fontes altamente solúveis aplicadas em parcela única pode resultar em rápida redução da disponibilidade de nutrientes, em contrapartida fontes de liberação lenta podem aumentar a eficiência na absorção desses nutrientes (Shaviv, 2001; Fernandes et al., 2009).

Tabela 32. Valores médios de grãos chatos graúdos (%) da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de diferentes parcelamentos de nutrientes para as safras 20/21 e 22/23. UnB, Brasília - DF, 2024.

Parcelamentos de Nutrientes	Grãos Chatos Graúdos (%)	
	20/21	22/23
Aplicação Única	21,83b	27,35a
Duas Parcelas	28,09a	27,65a
Três parcelas	26,77a	30,77a
Teste F	10,07**	1,17 ^{ns}
DMS (5%)	3,67	6,17
CV (%)	14,08	21,17

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; **significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$); ^{ns} = não significativo ($p > 0,05$).

Os valores médios de massa de grãos chatos graúdos, sob diferentes fontes e parcelamentos de nutrientes (Tabela 33) apresentaram interação para a safra 21/22. Dessa forma, é possível inferir que as três fontes estudadas obtiveram melhor resultados de grãos chatos graúdos quando utilizadas em três aplicações, ainda é válido ressaltar que em três parcelas as fontes revestida e organomineral obtiveram resultados superiores à fonte convencional.

Fagan et al. (2011) apresenta que a matéria prima para bebida de boa qualidade é o grão completamente desenvolvido sem danos de qualquer ordem e completamente maduro. Oliveira (2010) ressalta que café de peneiras superiores, costuma apresentar maior valor de comercialização, logo, a separação por peneira é de suma importante para indicar o potencial produtivo das culturas e permitir maior uniformidade dos grãos quanto à coloração e a presença de defeitos.

Tabela 33. Valores médios de grãos chatos graúdos (%) da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de diferentes fontes e parcelamentos de nutrientes para a safra 2021/2022 e 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

Fontes de Nutrientes	Parcelamentos		
	Aplicação Única	Duas Parcelas	Três Parcelas
	-----%-----		
Convencional	22,34Ba	23,08Bba	27,80Ab
Revestido	21,67Ba	31,19Ab	33,81Aa
Organomineral	26,42Ba	27,85Bb	33,51Aa
Teste F (Fontes x Parcelamentos)		0,03*	
DMS - Fontes dentro de Parcelamentos		5,09	
DMS - Parcelamentos dentro de fontes		5,09	
CV (%)		10,46	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de tukey a 5% de probabilidade; *significativo a 5% de probabilidade.

3.2.3. Grãos Moca Graúdos

De acordo com o resumo da análise de variância para as médias de grãos moca graúdos (Tabela 34), verificou-se interação entre os dois fatores analisados para as safras 20/21, 21/22 e 22/23.

Tabela 34. Resumo da análise de variância para os valores médios de grãos moca graúdos da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de diferentes fontes e parcelamentos de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022, 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

FV	GL	Quadrado Médio		
		20/21	21/22	22/23
Fonte	2	51,03	18,32**	10,46
Parcelamento	2	25,65	0,04	160,19**
Fonte x Parcelamento	4	74,92**	34,66**	63,76**
Blocos	3	1,62	1,81	0,68
Erro	24	10,50	1,50	3,50
Total	35	---	---	---
CV (%)		18,28	7,40	13,89
Média Geral		17,72	16,57	13,47

**significativo a 1% de probabilidade (p<0.01).

Os valores médios do percentual de grãos moca, sob diferentes fontes e parcelamentos de nutrientes (Tabela 35) apresentaram interação para a safra 20/21, 21/22 e 22/23. Na Safra 20/21 a fonte convencional apresentou maior formação de grãos moca graúdos quando em aplicação única e duas aplicações, enquanto a fonte

revestida e organomineral obtiveram maior percentual de grãos moca em duas aplicações.

Entre as fontes, houve maior formação de grãos moca para a aplicação única para a fonte organomineral, em duas e três parcelas a fonte convencional obteve maior percentual de grãos moca. Na safra 21/22 a fonte convencional apresentou maior formação de grãos moca em duas e três parcelas, enquanto a fonte organomineral apresentou maior percentual em parcela única, entre as fontes adotadas a fonte convencional apresentou maior formação de grãos moca que as demais, quando adotada em duas e três aplicações. Na safra 22/23 foram verificados maiores formações de grãos moca para a fonte convencional e organomineral utilizadas em três parcelas.

Pereira et al. (2021) apresentam a importância de avaliar a proporção de grãos chato em relação aos grãos moca, dado o menor rendimento promovido por estes, e pelo efeito deletério da mistura nos dois tipos de grãos sobre a qualidade do produto final, uma vez que uma massa de grãos heterogêneos torra em proporções diferentes. Nasser et al. (2013) indicam que outros fatores além do estado nutricional podem interferir na formação de grãos chatos e mocas, como espaçamento, fatores genéticos da cultivar e também fatores climáticos, no presente experimento, observou-se redução na disponibilidade de chuvas durante o período de janeiro a abril nas safras 20/21 e 21/22, período crítico para o enchimento de grãos.

A mistura de grãos chato com grãos moca, promovem queda na qualidade do final do produto, devido à heterogeneidade da massa de grãos (Oliveira 2010; Pereira et al., 2021). A nutrição do cafeeiro contribui ainda com o desenvolvimento e qualidade dos grãos de forma indireta, por seu papel na produção de composto que interferem no desenvolvimento microbiano dos grãos (Martinez et al., 2014).

Shaviv (2001) apresenta a liberação lenta como forma de sincronizar a disponibilidade de nutrientes com a demanda da planta, sendo essa, uma forma de reduzir a necessidade de parcelamento da adubação. Outro ponto de importante destaque é separação de grãos no teste de peneiras, que possibilita torração mais uniforme, uma vez que na massa de grãos desuniforme, os grãos maiores tendem a torrar lentamente enquanto os menores torram de forma rápida (Nasser, 2001).

Diversos estudos evidenciam a forma e o tamanho de grãos com condições de cultivo, fatores climáticos (Pereira et al., 2021), ou alguma deficiência genética relacionada à fecundação (Nasser et al., 2013; Soares et al., 2019), mostrando que

alguns desses fatores favorecem à formação de grãos do tipo moca, dentre eles a falta de manejo nutricional adequado (Laviola et al., 2006; Moreira, 2020).

Oliveira (2010) apresenta o grão moca como resultado da não fecundação do óvulo, mercados mais exigentes, toleram no máximo 10% de presença de moca em lotes classificados como chatos, uma vez que a mistura desses dois tipos de grãos produz uma massa heterogênea, e conseqüentemente, uma torração desuniforme. Soares et al., (2019) relatam que diversos fatores podem afetar na qualidade dos grãos, sendo eles a genética da planta, ataques de pragas e doenças, manejo da pós-colheita, intempéries climáticas e o processo de torração.

Tabela 35. Valores médios de grãos moca graúdo da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de diferentes fontes e parcelamentos de nutrientes para a safra 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

Grãos Moca Graúdo (20/21)	Fontes de Nutrientes	Parcelamentos		
		Aplicação Única	Duas Parcelas	Três Parcelas
			-----%-----	
Grãos Moca Graúdo (20/21)	Convencional	14,25 Aa	22,26Bb	22,74Bb
	Revestido	18,52 Bab	12,12Aa	16,25Aba
	Organomineral	20,69Bb	14,27Aa	18,42ABab
	Teste F (Fontes x Parcelamentos)		7,13**	
	DMS - Fontes dentro de Parcelamentos		5,72	
	DMS - Parcelamentos dentro de fontes		5,72	
	CV (%)		18,28	
Grãos Moca Graúdos (21/22)	Fontes de Nutrientes	Parcelamentos		
		Aplicação Única	Duas Parcelas	Três Parcelas
			-----%-----	
Grãos Moca Graúdos (21/22)	Convencional	13,96Aa	18,30Bb	19,86Bb
	Revestido	20,37Aa	16,28Aab	14,95Aa
	Organomineral	15,25Ba	15,11Aa	15,10Aa
	Teste F (Fontes x Parcelamentos)		0,00**	
	DMS - Fontes dentro de Parcelamentos		2,17	
	DMS - Parcelamentos dentro de fontes		2,17	
	CV (%)		7,40	
Grãos Moca Graúdos (22/23)	Fontes de Nutrientes	Parcelamentos		
		Aplicação Única	Duas Parcelas	Três Parcelas
Grãos Moca Graúdos (22/23)	Convencional	8,12Aa	11,05Aa	19,29Bb
	Revestido	14,83Ab	12,02Aa	12,32Aa
	Organomineral	11,10Aa	11,07Aa	21,47Bb
	Teste F (Fontes x Parcelamentos)		18,20**	
	DMS - Fontes dentro de Parcelamentos		3,31	
	DMS - Parcelamentos dentro de fontes		3,31	
	CV (%)		13,89	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de tukey a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade.

3.2.4. Grãos no fundo do teste de peneiras

De acordo com o resumo da análise de variância para as médias de Grãos no fundo do teste de peneiras (Tabela 36), verificou-se significância para os parcelamentos adotados na safra 20/21 e interação entre os dois fatores analisados para as safras 21/22 e 22/23.

Tabela 36. Resumo da análise de variância para os valores médios de grãos no fundo do teste de peneiras da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de diferentes fontes e parcelamentos de nutrientes para as safras 2020/2021, 2021/2022, 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

FV	GL	Quadrado Médio		
		20/21	21/22	22/23
Fonte	2	0,33	0,34	0,75
Parcelamento	2	9,50**	1,07*	1,24*
Fonte x Parcelamento	4	0,50	1,25**	1,27**
Blocos	3	0,17	0,22	0,18
Erro	24	0,27	0,25	0,28
Total	35	---	---	---
CV (%)		35,78	35,90	37,70
Média Geral		1,46	1,38	1,41

**significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$); *significativo a 5% de probabilidade ($p < 0.05$).

Os valores médios de massa de grãos no fundo do teste de peneiras, sob diferentes fontes de nutrientes (Tabela 37) não apresentaram diferença significativa para a safra 20/21, foi possível observar valores estatisticamente iguais para as três fontes adotadas. Além de proporcionar menor rendimento os grãos menores torram mais rapidamente que os demais, carbonizando os, fator este que provoca queda na qualidade do produto, por promover sabores e aromas desagradáveis (Pereira et al., 2021).

Tabela 37. Valores médios de grãos no fundo do teste de peneiras da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de fontes de nutrientes para a safra 2020/2021. UnB, Brasília - DF, 2024.

Fontes de Nutrientes	Grãos no fundo do teste (%)
	20/21
Convencional	1,37a
Revestido	1,65a
Organomineral	1,36a
Teste F	0,32 ^{ns}
DMS (5%)	0,53
CV (%)	35,78

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ^{ns} = não significativo ($p > 0,05$).

Os valores médios de massa de grãos no fundo do teste de peneiras, sob diferentes parcelamentos de nutrientes (Tabela 38) apresentaram diferença significativa para a safra 20/21, foi possível observar valores inferiores de grãos no fundo do teste de peneiras para o fornecimento de nutrientes em três parcelas, isso

denota menor massa de grãos mal formados e que não foram devidamente granados quando houve maior parcelamento da adubação. O manejo adequado da adubação, visando atender a demanda de nutrientes da cultura e consequentemente o fornecimento de N e K, que são, nessa ordem, os nutrientes mais exigidos pelo cafeeiro, sendo o primeiro destinado para o desenvolvimento vegetativo, enquanto o segundo, tem sua maior proporção na polpa do café (Clemente, 2010).

Tabela 38. Valores médios de Grãos no fundo do teste de peneiras da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de diferentes parcelamentos de nutrientes para a safra 2020/2021. UnB, Brasília - DF, 2024.

Parcelamentos de Nutrientes	Grãos no fundo do teste (%)
	20/21
Aplicação Única	2,11b
Duas Parcelas	1,83b
Três parcelas	0,45a
Teste F	0,00**
DMS (5%)	0,53
CV (%)	35,78

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; **significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$).

Os valores médios de massa de grãos moca retidos na peneira 11, sob diferentes fontes e parcelamentos de nutrientes (Tabela 39) apresentaram interação para a safra 21/22 e 22/23. Na safra 21/22 houve maior massa de grãos no fundo para a fonte convencional em aplicação única e em três parcelas, enquanto a fonte revestida apresentou resultados inferiores em três parcelas, por sua vez a fonte organomineral não apresentou diferença entre os parcelamentos, comportamento que se repetiu na safra 22/23. Analisando os efeitos das fontes aplicadas, observou-se que em três aplicações a fonte revestida obteve maior massa de grãos no fundo dos testes de peneiras.

Na safra 22/23 a fonte convencional resultou em maior massa de grãos no fundo quando utilizada em aplicação única e quando comparada entre as fontes, em aplicação única, a fonte convencional apresentou maior massa de grãos no fundo do teste, fato este que corrobora com a necessidade de parcelar o fornecimento de fertilizantes sem tecnologia de liberação lenta para auxiliar no enchimento de grãos. Como reforçado por Fagan et al., (2011), as condições de manejo (adubação e estado nutricional da planta) influenciam a composição do grão cru, logo, afeta a sua formação e desenvolvimento e consequentemente a qualidade do projeto final.

Tabela 39. Valores médios de grãos no fundo do teste de peneiras da cultivar Tupi IAC 1669-33 em função de diferentes fontes e parcelamentos de nutrientes para as safras 2021/2022 e 2022/2023. UnB, Brasília - DF, 2024.

Grãos no fundo do teste de peneiras (21/22)	Fontes de Nutrientes	Parcelamentos		
		Aplicação Única	Duas Parcelas	Três Parcelas
		-----%-----		
	Convencional	1,94Ba	0,68Aa	1,67Bb
	Revestido	1,80Ba	1,30ABab	0,49Aa
	Organomineral	1,44Aa	1,65Ab	1,48Ab
	Teste F (Fontes x Parcelamentos)	0,00**		
	DMS - Fontes dentro de Parcelamentos	0,88		
	DMS - Parcelamentos dentro de fontes	0,88		
	CV (%)	35,90		
Grãos no fundo do teste de peneiras (22/23)	Fontes de Nutrientes	Parcelamentos		
		Aplicação Única	Duas Parcelas	Três Parcelas
		-----%-----		
	Convencional	2,59Bb	1,34Aa	1,18Aa
	Revestido	0,93Aa	1,87Ba	1,03Aba
	Organomineral	1,44Aa	1,41Aa	0,95Aa
	Teste F (Fontes x Parcelamentos)	0,01**		
	DMS - Fontes dentro de Parcelamentos	0,94		
	DMS - Parcelamentos dentro de fontes	0,94		
	CV (%)	37,70		

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade; **significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$).

3. CONCLUSÃO

O aumento das doses bem como o parcelamento da adubação influenciou positivamente a qualidade da bebida e a formação de grãos chatos graúdos. A fonte revestida contribuiu com a redução na formação de grãos moca. O trabalho apresentou também a possibilidade de agregar valor ao produto final pela obtenção de grãos maiores e bebida de melhor qualidade, mediante a eficiência da adubação das fontes revestidas e organomineral e através do parcelamento da adubação.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIC. Associação Brasileira da Indústria de Café. **Brasil se destaca na produção de cafés especiais**. 2018. Disponível em: <http://abic.com.br/brasil-se-destacana-producao-de-cafes-especiais/>. Acesso em: 15 maio. 2021.

AMORIM, H. V.; LEGENDRE, M. G.; AMORIM, V. I.; ANGELO, A. J. St.; ORY, R. I. Chemistry of Brazilian green coffee and the quality of the Beverage. VII. Total carbonyls, activity of polyphenol oxidase, and hydroperoxides. Turrialba. v.26, n.2, p.193-195, 1976.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.D. **Experimentação agrícola**. 4ed. Jaboticabal: Funep, 2006. 237p.

BRASIL. 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.

CIVARDI, E.A.; SILVEIRA NETO, A.N.D.; RAGAGNIN, V.A.; GODOY, E.R.; BROD, E. Ureia de liberação lenta aplicada superficialmente e ureia comum incorporada ao solo no rendimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, p.52-59, 2011.

CLEMENTE, J. M.; **Nutrição nitrogenada e potássica afetando crescimento, produção, composição química e qualidade da bebida de *coffea arábica* L.** 2010. 62f. Dissertação (*Magister Scientiae* em Fitotecnica) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2010.

CLIFFORD, M. N. **Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products**. In: CLIFFORD, M. N.; WILSON, K. C. Coffee Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage. Beckenham (Kent): Croom helm, 1985, cap. 13, p. 305-374.

Consórcio Pesquisa Café. **Catuai Vermelho**. Disponível em: <http://www.consorciopesquisacafe.com.br/index.php/tecnologias/cultivares/501-catuai-vermelho>. Acesso em: 10/11/2024

Consórcio Pesquisa Café. **Tupi IAC 1669-33**. Disponível em: <http://www.consorciopesquisacafe.com.br/index.php/tecnologias/cultivares/498-tupi-iac-1669-33>. Acesso em: 10/11/2024

DIDONET, A.D.; BRAZ, A.J.B.P.; SILVEIRA, P.M. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro irrigado: uso do clorofilômetro. **Biosci. J.**, v.21, n.3, p.103-111, 2005.

FAGAN, E. B.; SOUZA, C. H. E.; PEREIRA, N. M. B.; MACHADO, V. J. **Efeito do tempo de formação do grão de café (*Coffea* sp) na qualidade da bebida**. Biosci. J., Uberlândia, v. 27, n. 5, p. 729-738, set./out. 2011. ISSN 1519-6984.

FAGAN, E. B.; DOURADO NETO, D.; RODRIGUES, J. D.; ONO, E. O.; REIS, M. R. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, relações hídricas e nutrição mineral**. Vol. 1. Piracicaba: Pecege editora, 2022. 192 p.: il.

FERNANDES, A. L. T.; CARVALHO, A. C. S.; BRITO, D. M.; BECKER, G.; SAI, E. N.; FRAGA JÚNIOR, E. F. Comparação da utilização de nitrato de amônio e uréia polimerizada na produtividade e maturação do cafeeiro irrigado. In: VI Simpósio de Pesquisas dos Cafés do Brasil. **Anais...** Vitória: Simpósio de Pesquisas dos Cafés do Brasil, 2009.

FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, F.; FERREIRA, R. T.; SANTINATO, R. Redução da adubação mineral do cafeeiro arábica com a utilização de palha de café. **Coffee Science**, Lavras, v.8, n.3, p.324-336, 2013.

FREIRE, A.H.; REIS, R.P.; LIMA, D.P.M.; FONTES, R.E. Eficiência econômica da cafeicultura no sul de Minas Gerais: uma abordagem pela análise envoltória de dados. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v.14, n.1, p.60-75, 2012.

GUARESCHI, R.F., GAZOLLA, P.R., PERIN, A.; SANTINI, J.M.K. Adubação antecipada na cultura da soja com superfosfato triplo e cloreto de potássio revestidos por polímeros. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.643-648, 2011.

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

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der erde. Gotha: verlag justus perthes. **Wall-map 150cmx200cm**, p. 91-102, 1928.

LAVIOLA, B.G., MAURI, A.L., MARTINEZ, H.E.P., ARAÚJO, E.F.; NEVES, Y.P. Influência da adubação na formação de grãos mocas e no tamanho de grãos de café (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, v.1, n.1, p.36-42, 2006.

LEITE JÚNIOR, M.C.R. **Manejo da irrigação e da adubação do cafeeiro na sincronização do florescimento e na produtividade**. 2014. 121f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

LIMA, L.C.D.; GONÇALVES, A.D.C.; FERNANDES, A.L.T.; SILVA, R.D.O.; LANA, R.M.Q. Crescimento e produtividade do cafeeiro irrigado, em função de diferentes fontes de nitrogênio. **Coffee Science**, Lavras, v.11, n.1, p.97-107, 2016.

MARTINEZ, H.E.P.; CLEMENTE, J.M.; LACERDA, J.S.D.; NEVES, Y.P.; PEDROSA, A.W. Nutrição mineral do cafeeiro e qualidade da bebida. **Revista Ceres**, v.61, p.838-848, 2014.

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; ALMEIDA, S.R.; GARCIA, A.W.R. Cultura de café no Brasil: manual de recomendações. **Varginha: Fundação Procafé**, 2020. 716p.

MENDONÇA, L.M.V.L. 2004. **Características químicas, físico-químicas e sensoriais de cultivares de Coffea arabica L.** 2004. 153f. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

MOREIRA, D.T. **Efeito do manejo de fontes de potássio na produtividade do cafeeiro e na qualidade da bebida**. 2020, 59 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agronômico, Campinas, 2020.

NASSER, P. P. **Influência da separação de grãos de café (*coffea arabica* L.) por tamanho na qualidade e ocorrência da ocratoxina a.** 2001. 143f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2001.

NASSER, M.D.; GALLO, P.B.; MARIANO, F.A.D.C. Características dos grãos de três cultivares cafeeiras em diferentes espaçamentos adensados em ano de alta produtividade. In: VIII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. **Anais...** Salvador: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2013.

OLIVEIRA, M.D. **Avaliação de doses crescentes de P_2O_5 na classificação do grão de café por tipo e peneira.** 2010. 27f. Trabalho de conclusão de curso (Tecnólogo em Cafeicultura) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Muzambinho, 2010.

PEREIRA, L.R.; REIS, E.F.; SCHWAN, M.G.; RIBEIRO, W.R.; DARDENGO, M.C.J.D.; SILVA, S.F. Tamanho de grãos do cafeeiro conilon irrigado e não irrigado durante quatro safras. **Irriga**, v.1, n.3, p.506-516, 2021.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Relações hídricas no cafeeiro. **Irrigação & Tecnologia Moderna**, Brasília, v.48, p. 34-41, 2000.

SANTINATO, R.; SANTINATO, F. **Composição Química do Cafeeiro:** extração e exportação de nutrientes. São Paulo: Instituto Biológico, 2019. 214p.

SANTINATO, F. et al. **Cultura do Cafeeiro:** Características e Recomendações de Cultivares de Café. Jaboticabal: FUNEP, 2021. 92p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; FILHO, J. C. A.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5 ed. Brasília: EMBRAPA, 2018.

SCAA Cupping protocols. **Protocolo para análise sensorial de café:** metodologia SCAA, 2008. 13p.

SHAVIV, A. Advances in Controlled Release of Fertilizers. **Advances in Agronomy**, v.71, p.1-49, 2001.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION. **Coffe Standards publyshed by Specialty Coffe Association**, Rev: 2018. Disponível em: <https://sca.coffee/research/coffee-standard>. Acesso em: 13 nov. 2024.

SILVA, E.D.B.; NOGUEIRA, F.D.; GUIMARÃES, P.T.G.; CHAGAS, S.J.R.; COSTA, L. Fontes e doses de potássio na produção e qualidade do grão de café beneficiado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.335-345, 1999.

SILVA, E.B.; NOGUEIRA, F.D.; GUIMARÃES, P.T.G. Qualidade de grãos de café beneficiados em resposta à adubação potássica. **Scientia Agricola**, v.59, n.1, p.173-179, 2002.

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

SILVA, P. L. M. **Adubação mineral e organomineral em cafeeiro e sua influência nos parâmetros agronômicos e na qualidade da bebida.** 2024. 37f. Trabalho de conclusão de curso (Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia. Monte Carmelo, 2024.

SOARES, W.L.; SILVA, T.M.; FRANCO JUNIOR, K.S.; BRIGANTE, G.P. Qualidade do café arábica por diferentes granulometrias. **Ciência Agrícola**, v.17, n.1, p.31-35, 2019.

SÓRIO, A.; PALHARES, C.; BRAGA, F.; LIMA JÚNIOR, G.; PRESTES, L.; RASI, L.; MARIANI, M. Reposicionamento estratégico das indústrias processadoras de café do Brasil: propostas para sistematização de políticas públicas e estratégias de negócio. **Passo Fundo: Méritos**, 2015. 222p.

TAIZ, L. ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** Trad. Eliane Romano Santarém... [et al.] – 3.ed. – Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

VILELLA, W.M.C.; FARIA, M.A. Crescimento de cafeeiros submetidos a cinco lâminas de irrigação e três parcelamentos de adubação. **Irriga**, v.8, n.2, p.168-177, 2003.