

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

ISABEL RODRIGUES DE ANDRADE

Fertilizante organofosfatado em associação com MAP na adubação de plantio da cultura do
cafeeiro

Uberlândia
2026

ISABEL RODRIGUES DE ANDRADE

Fertilizante organofosfatado em associação com MAP na adubação de plantio da cultura do
cafeeiro

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Ciências Agrárias da
Universidade Federal de Uberlândia como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo de Camargo

Uberlândia

2026

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

A553 2026	Andrade, Isabel Rodrigues de, 2003- Fertilizante Organofosfatado em associação com MAP na adubação de plantio da cultura do cafeeiro [recurso eletrônico] / Isabel Rodrigues de Andrade. - 2026. Orientador: Reginaldo de Camargo. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em Agronomia. Modo de acesso: Internet. Inclui bibliografia. 1. Agronomia. I. Camargo, Reginaldo de, 1972-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Graduação em Agronomia. III. Título. CDU: 631
--------------	--

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

ISABEL RODRIGUES DE ANDRADE

Fertilizante organofosfatado em associação com MAP na adubação de plantio da cultura do
cafeeiro

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Ciências Agrárias da
Universidade Federal de Uberlândia como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Agrônômica.

Uberlândia, 24 de julho de 2026

Banca Examinadora:

Reginaldo de Camargo- Doutor (ICIAG/UFU)

Júlio Eduardo Santana Maia- Eng. Agrônomo (UFU)

Juliana do Nascimento- Mestre (ICIAG/UFU)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter sido minha fortaleza durante toda caminhada, pois assim disse o Senhor: “Vinde a mim, vós que estais aflitos sob o fardo, e eu vos aliviarei.” -Mateus 11, 28-30.

Meu eterno agradecimento a toda minha família que nunca mediu esforços para aliviar a minha caminhada. Aos meus pais, Vânia e Paulo, agradeço o amor incondicional, incentivo constante e por todas as batalhas enfrentadas para que eu chegasse até aqui. À minha madrastra Aparecida e à minha irmã Betânia, pelo apoio, compreensão e presença nos momentos mais desafiadores dessa trajetória.

Ao meu noivo Álisson agradeço o companheirismo, paciência e acolhimento, fundamentais para que eu mantivesse a motivação ao longo do curso. De maneira especial, à minha madrinha Sandra, pelo incentivo, pelas palavras de conforto e por sempre acreditar no meu potencial.

Aos meus avós, Maria e Lauderico, Wagner e Lorivalda, que hoje acompanham a conclusão desta caminhada do céu, minha eterna gratidão pelo carinho, pelos ensinamentos e pelo legado que jamais será apagado.

Ademais, não poderia deixar de agradecer aos amigos que fiz durante a graduação, toda equipe do Grupo de Pesquisas em Fertilizantes Especiais- GPFE, e ao professor orientador Reginaldo que tornaram esse trabalho possível.

RESUMO

O Brasil é o maior produtor mundial de café, cultivando principalmente a espécie *Coffea arabica*, arábica, em área superior a 1,8 milhões de hectares. A fase de estabelecimento do cafeeiro demanda atenção nutricional redobrada, sendo o fósforo elemento fundamental ao desenvolvimento inicial das plantas, e a dependência brasileira de fosfatos importados representa um fator de vulnerabilidade estrutural para a cafeicultura nacional. Diante disso, o estudo avaliou a eficiência agronômica de uma fonte organofosfatada (FOF), produzida a partir de subprodutos sólidos da suinocultura tratados em biodigestor, associada ao fosfato monoamônico (MAP) em diferentes proporções, na adubação de plantio do cafeeiro. O ensaio foi conduzido em propriedades rurais dos municípios de Indianópolis e Rio Paranaíba, Minas Gerais, representando, respectivamente, ambientes de cultivo irrigado e de sequeiro, em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições e cinco tratamentos: 100% Superfosfato simples (SS); 100% MAP; 100% FOF; 95% FOF + 5% MAP e 90% FOF + 10% MAP. Foram avaliadas, entre 30 e 210 dias após o transplântio, as variáveis altura de plantas, número de folhas, índice SPAD, diâmetro do caule, amostras de solo e foliares. Em Indianópolis, a combinação das fontes fosfatadas garantiu suprimento contínuo de fósforo às plantas, favoreceu a absorção de nitrogênio e reduziu a fixação do fósforo nos colóides do solo, mantendo o nutriente mais disponível. Em Rio Paranaíba, a combinação de fertilizante organofosfatado com fosfato monoamônico destacou-se no crescimento inicial das plantas e manteve desempenho superior aos 210 dias, além de favorecer o aumento do índice SPAD, enquanto os tratamentos exclusivos propiciaram maior número de folhas. Esses resultados reforçam o potencial do fertilizante organofosfatado como insumo estratégico para reduzir a dependência brasileira de fosfatos importados.

Palavras-chave: *Coffea arabica*; fósforo; biodigestor; fertilizante orgânico.

ABSTRACT

Brazil is the world's largest coffee producer, cultivating primarily the species *Coffea arabica* (Arábica), over an area exceeding 1.8 million hectares. The coffee plant establishment phase requires careful nutritional management, phosphorus being a fundamental element of initial coffee plant development, and Brazil's dependence on imported phosphates represents a structural vulnerability for the national coffee industry. In this context, the trials evaluated an organophosphate fertilizer (OPF), produced from solid swine farming by-products treated in a biodigester, with monoammonium phosphate (MAP) in different proportions, in coffee planting fertilization. The trial was conducted on farms in the municipalities of Indianópolis and Rio Paranaíba, Minas Gerais, representing irrigated and rainfed cropping environments, respectively, using a randomized complete block design with four replications and five treatments: 100% single superphosphate (SS); 100% MAP; 100% OPF; 95% OPF + 5% MAP; and 90% OPF + 10% MAP. It was evaluated between 30 and 210 days after transplanting the variables plant height, SPAD index, stem diameter, soil and leaf samples. In Indianópolis, the combination of phosphate sources ensured a continuous supply of phosphorus to plants, enhanced nitrogen absorption and reduced the phosphorus fixation in the soil colloids, keeping the nutrient more available. In Rio Paranaíba, the combination of organophosphate with monoammonium phosphate promoted superior early plant growth and maintained superior performance at 210 days, it also increased the SPAD index, while the exclusive treatments resulted in a greater number of leaves. These results reinforce the potential of organophosphate fertilizer as a strategic input for reducing Brazil's dependence on imported phosphates.

Keywords: *Coffea arabica*; phosphorus; biodigester; organic fertilizer.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Imagem de satélite com a localização do ensaio. Indianópolis-MG, 2026.	19
Fonte: Google Earth, 2026	19
Figura 2: Imagem de satélite com a localização do ensaio. Rio Paranaíba-MG, 2026.	20
Fonte: Google Earth, 2026	20
Figura 3: Preparo e correção de solo realizado nas propriedades (A) Café Memória e (B) Rodomunho, respectivamente. (A) Indianópolis-MG, (B) Rio Paranaíba- MG, 2026.	21
Figura 4: Adubação e transplântio de mudas. Rio Paranaíba- MG, 2026.	23
Figura 5: Adubação e transplântio de mudas. Indianópolis- MG, 2026.	23
Figura 6: Gráfico de precipitação acumulada no ano de 2025, nas proximidades da região de Rio Paranaíba- MG, 2026.	24
Figura 7: Gráfico da temperatura média no ano de 2025, nas proximidades da região de Rio Paranaíba- MG, 2026.	24
Figura 8: Gráfico de precipitação acumulada no ano de 2025, nas proximidades da região de Indianópolis- MG, 2026.	25
Figura 9: Gráfico da temperatura média no ano de 2025, nas proximidades da região de Indianópolis- MG, 2026.	25
Figura 10: Determinação do índice SPAD, altura de planta, diâmetro de caule e número de folhas. Indianópolis-MG e Rio Paranaíba-MG, 2026.	26
Figura 11: Coleta de solo e foliar para análise. Indianópolis-MG e Rio Paranaíba-MG, 2026.	27
Gráfico 1: Médias de altura (cm) de plantas de café aos 30, 90, 150 e 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Indianópolis-MG, 2026.	29
Gráfico 2: Médias do diâmetro de caule (mm) das plantas de café aos 30, 90, 150 e 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Indianópolis-MG, 2026.	30
Gráfico 3: Médias do índice SPAD nas plantas de café aos 30, 90, 150 e 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Indianópolis-MG, 2026.	32
Gráfico 4: Médias do número de folhas nas plantas de café aos 30, 150 e 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Indianópolis-MG, 2025.	33
Gráfico 5: Médias dos teores de macronutrientes foliares nas plantas de café aos 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Indianópolis-MG, 2026.	34
Gráfico 6: Médias dos teores de micronutrientes foliares ($g.kg^{-1}$) nas plantas de café aos 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Indianópolis-MG, 2025.	35

Gráfico 7: Médias dos teores de fósforo residual (mg.dm^{-3}) no solo aos 210 DAP do café, em função de fontes de P_2O_5 . Indianópolis-MG, 2026.	36
Gráfico 8: Médias de altura (cm) de plantas de café aos 90 e 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Rio Paranaíba-MG, 2026.	38
Gráfico 1: Médias do diâmetro (mm) de caule das plantas de café aos 90 e 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Rio Paranaíba-MG, 2026.	37
Gráfico 10: Médias do índice SPAD nas folhas das plantas de café aos 90 e 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Rio Paranaíba-MG, 2026.....	40
Gráfico 11: Médias do número de folhas nas plantas de café aos 90 e 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Rio Paranaíba-MG, 2026.	41
Gráfico 12: Médias dos teores de macronutrientes foliares (g.kg^{-1}) nas plantas de café aos 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Rio Paranaíba-MG, 2026.....	43
Gráfico 13: Médias dos teores de micronutrientes foliares (mg.kg^{-1}) nas plantas de café aos 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Rio Paranaíba-MG, 2026.....	44
Gráfico 14: Médias dos teores de fósforo residual (mg.dm^{-3}) no solo aos 210 DAP, em função de fontes de P_2O_5 . Rio Paranaíba, 2026.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Retirada de nutrientes NPK pelo cafeeiro em 2 regiões, na fase de formação até a 1ª safra. Varginha-MG e Carmo do Paranaíba-MG, 2026.....	16
Tabela 2: Caracterização química da amostra de solo da propriedade Café Memória. Indianópolis-MG, 2026.	19
Tabela 3: Caracterização química da amostra da propriedade Rodomunho. Rio Paranaíba-MG, 2026.	20
Tabela 4: Descrição dos tratamentos avaliados no ensaio. Indianópolis- MG, 2026.....	22
Tabela 5: Descrição dos tratamentos avaliados no ensaio. Rio Paranaíba- MG, 2026.	22
Tabela 6: Médias de altura de plantas (cm) de café aos 30, 90, 150 e 210 DAP em função de fontes de P ₂ O ₅ . Indianópolis-MG, 2026.	28
Tabela 7: Médias do diâmetro de caule (mm) de café aos 30, 90, 150 e 210 DAP em função de fontes de P ₂ O ₅ . Indianópolis-MG, 2026.	30
Tabela 8: Médias do índice SPAD nas folhas das plantas de café aos 30, 90, 150 e 210 DAP em função de fontes de P ₂ O ₅ . Indianópolis-MG, 2026.....	31
Tabela 9: Médias do número de folhas nas plantas de café aos 30, 150 e 210 DAP em função de fontes de P ₂ O ₅ . Indianópolis-MG, 2026.	32
Tabela 10: Médias dos teores de macronutrientes foliares (g.kg ⁻¹) nas plantas de café aos 210 DAP em função de fontes de P ₂ O ₅ . Indianópolis-MG, 2026.....	34
Tabela 11: Médias dos teores de micronutrientes foliares (mg.kg ⁻¹) nas plantas de café aos 210 DAP em função de fontes de P ₂ O ₅ . Indianópolis-MG, 2025.....	35
Tabela 12: Médias dos teores de fósforo residual (mg.dm ⁻³) no solo aos 210 DAP do café, em função de fontes de P ₂ O ₅ . Indianópolis-MG, 2025.	36
Tabela 13: Médias de altura (cm) de plantas de café aos 90 e 210 DAP em função de fontes de P ₂ O ₅ . Rio Paranaíba-MG, 2026.	37
Tabela 14: Médias de diâmetro de caule (mm) de plantas de café aos 90 e 210 DAP em função de fontes de P ₂ O ₅ . Rio Paranaíba-MG, 2026.....	38
Tabela 15: Médias do índice SPAD em folhas do café aos 90 e 210 DAP em função de fontes de P ₂ O ₅ . Rio Paranaíba-MG, 2026.	40
Tabela 16: Médias do número de folhas nas plantas de café aos 90 e 210 DAP em função de fontes de P ₂ O ₅ . Rio Paranaíba-MG, 2026.	41
Tabela 17: Médias dos teores de macronutrientes foliares (g.kg ⁻¹) nas plantas de café aos 210 DAP em função de fontes de P ₂ O ₅ . Rio Paranaíba-MG, 2026.....	42

Tabela 18: Médias dos teores de micronutrientes foliares (mg.kg^{-1}) nas plantas de café aos 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Rio Paranaíba-MG, 2026.....44

Tabela 19: Médias dos teores de fósforo residual (mg.dm^{-3}) no solo aos 210 DAP do café, em função de fontes de P_2O_5 . Rio Paranaíba-MG, 2026.45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CTC	Capacidade de Troca De Cátions
CV	Coeficiente de variação
DAP	Dias Após o Plantio
FOF	Fertilizante Orgânico Fosfatado
ha	Hectare
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MAP	Fosfato monoamônico
MAPA	Ministério da Agricultura e Pecuária
ns	Não significativo
SPAD	Soil Plant Analysis Development
S. Simples	Superfosfato simples

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Importância da Cafeicultura	14
2.2	Fatores que afetam a produtividade do café	14
2.3	Exigências nutricionais e adubação do cafeeiro.....	15
2.4	Fertilizantes orgânicos.....	17
3	MATERIAL E MÉTODOS	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
4.1	Ensaio instalado em Indianópolis-MG.....	28
4.2	Ensaio instalado em Rio Paranaíba-MG	37
5	CONCLUSÕES.....	46
	REFERÊNCIAS.....	47

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, cultura que ocupa posição de destaque no agronegócio nacional. O manejo da fertilidade do solo, que engloba a recomendação e aplicação de corretivos e fertilizantes, constitui uma das etapas de maior relevância dentro do sistema produtivo do cafeeiro, exercendo influência direta sobre a produtividade, a qualidade dos grãos e a sustentabilidade econômica da lavoura (Guarçoni; Souza; Paye, 2019).

No ano de 2025, as importações brasileiras de fertilizantes atingiram volume recorde de 38,3 milhões de toneladas. Nesse mesmo período, o mercado foi marcado por expressiva valorização dos principais fertilizantes. Entre os fosfatados, destaca-se o fosfato monoamônico (MAP), que registrou elevação de 14,3% em seu preço em relação ao ano anterior, influenciada pelos elevados custos de matérias-primas e pela firmeza da demanda em mercados internacionais estratégicos (Globalfert, 2026).

Esse cenário assume especial relevância diante do papel crescente do Brasil na produção mundial de alimentos. Estimativas indicam que o país deverá responder por parcela expressiva do incremento global na oferta de alimentos nas próximas décadas, o que implica aumento proporcional na demanda por fertilizantes (Brasil, 2022). A dependência de insumos importados representa, portanto, um fator de vulnerabilidade estrutural para a competitividade do agronegócio brasileiro, uma vez que as oscilações dos preços internacionais elevam os custos de produção agrícola, comprometendo as margens dos produtores e reduzindo a competitividade das exportações nacionais (Zilli; Leite, 2022).

Como alternativa aos fertilizantes fosfatados convencionais, os fertilizantes orgânicos se destacam pela melhoria na estrutura do solo, aumentos nos teores de matéria orgânica, retenção de cátions (Ca, Mg e K) e efeito de proteção da umidade do solo, com potencial de reduzir as perdas por fixação nos coloides do solo e promover liberação mais gradual e eficiente do nutriente às plantas (Queiroz, *et al.*, 2025; Pereira, *et al.*, 2015). Estudos recentes indicam que a combinação de fontes fosfatadas com diferentes velocidades de solubilização pode otimizar a disponibilidade de fósforo ao longo do ciclo produtivo, contribuindo para uma nutrição mais eficiente e sustentável das culturas (Júnior; Dias; Ribeiro, 2024; Queiroz, *et al.*, 2025).

Com isso, o estudo teve como objetivo, avaliar a eficiência agrônômica de uma fonte organofosfatada em associação com o fosfato monoamônio (MAP), em diferentes proporções, na adubação de plantio da cultura do cafeeiro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância da Cafeicultura

O café é uma cultura muito expressiva no cenário brasileiro, totalizando 2,26 milhões de hectare ocupados. A cafeicultura se baseia em duas espécies principais *Coffea arabica* (arábica), com 1,84 milhões de hectares instalados principalmente em Minas Gerais e São Paulo, e *Coffea canephora* (conilon), com 415,2 mil hectares nos estados Espírito Santo, Bahia e Rondônia. Para as duas espécies, a produtividade média nacional foi de 30,4 scs/ha em 2025 (Conab, 2025).

O estado de Minas Gerais é o maior produtor de café arábica, a área mineira corresponde a 62% do cultivo nacional de café, 1486,8 mil hectares, que resultou em uma produção de 35763,1 mil sacas no ano de 2025. Já o café do tipo conilon é mais expressivo na região norte do Espírito Santo, onde é altamente produtivo, com participação de 69,1% na produção brasileira, os cafezais ocupam uma área de 286,7 mil hectares em terras capixabas (Conab, 2025).

2.2 Fatores que afetam a produtividade do café

A produção do *Coffea arabica* é influenciada principalmente pela combinação de fatores que regulam o número de frutos por planta e o peso das sementes beneficiadas, sendo essas características amplamente utilizadas como parâmetros na seleção de cultivares com maior desempenho produtivo (Antunes, 1962). Além disso, a adequada adaptação do material genético às condições edafoclimáticas da região de cultivo exerce influência direta sobre o desempenho produtivo do cafeeiro, de modo que a escolha da cultivar deve considerar aspectos relacionados à qualidade do produto, ao potencial produtivo e à resistência às principais pragas e doenças presentes no ambiente de cultivo (Fernandes, *et al.*, 2020).

As pragas e doenças constituem fatores limitantes relevantes para a produção e a produtividade do cafeeiro, independentemente da escala de cultivo, podendo ocasionar perdas expressivas quando não manejadas de forma tecnicamente adequada (Ventura *et al.*, 2017). A incidência e a intensidade desses agentes fitossanitários estão diretamente relacionadas às condições climáticas, à região de cultivo e ao material genético utilizado (Embrapa Café, 2024). No café arábica, destacam-se como principais pragas a broca-do-café (*Hypothenemus hampei*), o bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella*), os nematoides fitoparasitas (*Meloidogyne* spp.) e o

ácaro-vermelho (*Oligonychus ilicis*). Entre as doenças de maior importância econômica encontram-se a ferrugem-do-cafeeiro (*Hemileia vastatrix*), a cercosporiose ou mancha-de-olho-pardo (*Cercospora coffeicola*) e a mancha-aureolada (*Pseudomonas syringae* pv. *garcae*), as quais comprometem folhas, frutos e sistema radicular, tornando indispensável o monitoramento contínuo e a adoção de estratégias de manejo integrado para a minimização de perdas produtivas (Senar, 2017).

O espaçamento do café tem sido amplamente estudado em razão dos efeitos que a densidade populacional de plantas exerce sobre a produção por unidade de área (Siqueira, 1983). Diversos autores relatam que a produtividade tende a aumentar com o incremento da densidade de plantio nas fases iniciais de produção, uma vez que, nesse período, a competição entre as plantas pelos recursos ambientais ainda não se manifesta de forma limitante. Além disso, o pico de produção pode variar de acordo com o porte do café e a densidade de plantio adotada, sendo que plantas de menor porte, conduzidas em densidades mais baixas, tendem a apresentar máximos produtivos mais tardios quando comparadas a cafés de maior porte cultivados em populações mais elevadas (Paulo; Furlani Júnior; Fazouli, 2005).

Os produtores têm adotado tecnologias de condução e manejo, como o adensamento, a mecanização e o uso da irrigação e fertirrigação, visando ao aumento da produtividade e da rentabilidade da lavoura cafeeira. A irrigação tornou-se fundamental com a expansão do cultivo para regiões com limitações hídricas, como o Cerrado mineiro e o oeste baiano, onde a cafeicultura irrigada apresenta maior viabilidade e produtividade (Coelho; Silva, 2005). Estudos realizados em Uberlândia-MG indicam que lavouras irrigadas apresentam desempenho produtivo superior quando comparadas às conduzidas em regime de sequeiro (Silva; Teodoro; Melo, 2008).

2.3 Exigências nutricionais e adubação do café

Os elementos minerais essenciais ao café são classificados de acordo com a quantidade exigida pelo café. Os macronutrientes são os mais requeridos e incluem nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), os quais desempenham papel estrutural e funções fundamentais no crescimento e no desenvolvimento da cultura. Já os micronutrientes são exigidos em menores quantidades e participam de processos metabólicos essenciais, compreendem boro (B), zinco (Zn), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), cloro (Cl) e molibdênio (Mo).

A análise química do solo constitui um instrumento fundamental para a transferência de informações relacionadas à calagem e à adubação. Por meio dessa ferramenta, é possível avaliar o estado de fertilidade, identificar deficiências nutricionais e determinar as quantidades de corretivos e fertilizantes a serem aplicadas (Chitolina *et al.*, 2009)

A calagem e a gessagem são práticas fundamentais no manejo da fertilidade do solo para o cafeeiro. A calagem visa à correção da acidez do solo, ao fornecimento de cálcio e magnésio e à neutralização da toxicidade do alumínio, sendo a dose influenciada pela acidez, pela capacidade tampão e pela capacidade de troca de cátions (CTC). De forma complementar, a gessagem promove a disponibilização de cálcio e a neutralização do alumínio em camadas mais profundas do solo, favorecendo o aprofundamento do sistema radicular, o melhor aproveitamento de água e nutrientes e o fornecimento de enxofre às plantas (Mesquita, *et al.*, 2016).

O cafeeiro apresenta exigências específicas de acordo com as condições edafoclimáticas e às práticas de manejo adotadas, o que permite a diferenciação de glebas ou talhões que podem apresentar respostas distintas à adubação (Mesquita, *et al.*, 2016). A fase de estabelecimento da cultura demanda atenção redobrada, uma vez que o cafeeiro permanecerá por longo período na mesma área. Nesse estágio inicial, as exigências nutricionais aumentam rapidamente do plantio da muda até os 18 meses, intensificando-se aos 2,5 anos com o início da produção (1ª safra) (Matiello *et al.*, 2016).

Tabela 1: Retirada de nutrientes NPK pelo cafeeiro em 2 regiões, na fase de formação até a 1ª safra. Varginha-MG e Carmo do Paranaíba-MG, 2026.

Locais	Exigência/ meses de campo	Nutrientes (kg.ha ⁻¹)								
		N			P ₂ O ₅			K ₂ O		
		0-6	7-18	18-30	0-6	7-18	18-30	0-6	7-18	18-30
Varginha	Vegetação	1,0	26,9	16	0,11	1,52	1,0	0,8	18,8	12,1
	Produção	-	-	34,9	-	-	3,1	-	-	39,1
Carmo do Paranaíba	Vegetação	1,8	47,0	67,4	0,05	2,0	3,2	0,8	29,4	41,4
	Produção	-	-	82,5	-	-	6,9	-	-	119,4

Varginha: 1100 m; Catuaí 4 x 2,5 m; 2 plantas/cv; prod. 18 scs.ha⁻¹ na 1ª safra.

C. Paranaíba: 1000 m; Catuaí 3,8 x 0,5 m; prod. 34 scs.ha⁻¹ na 1ª safra.

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Matiello *et al.*, 2016.

O P é um elemento fundamental para o crescimento inicial das plantas, na fase de mudas a exigência desse nutriente pode ser representativamente maior do que em lavouras de produção (Novais; Smyth, 1999; Carmo *et al.*, 2014). Já nas primeiras horas após a aplicação do adubo fosfatado, o P tende a precipitar-se com Fe, Al e Mn ou ser sofrer adsorção nas partículas coloidais, ficando indisponível para as plantas, consequência da mineralogia e pH desses solos. A adsorção por oxidróxidos, também denominada quimiossorção, ocorre por meio da troca de ligantes na superfície dos óxidos por fosfatos presentes na solução. Trata-se de uma reação predominantemente covalente, cuja intensidade pode variar com o aumento do pH: à medida que o pH se eleva, as cargas superficiais tornam-se mais negativas, o que aumenta a repulsão eletrostática entre o fosfato e a superfície coloidal e reduz o potencial eletrostático da superfície de adsorção (Resende; Neto, 2007; Novais *et al.*, 2007). Desse modo, devido a rapidez desse processo em fontes com alta solubilidade, a disponibilidade de P pode ser um fator limitante para o crescimento das mudas de cafeeiro. (Raij, 1991).

2.4 Fertilizantes orgânicos

A Instrução Normativa SDA nº 61 de 2020 estabelece as normas relativas a conceitos, requisitos, características técnicas, garantias de qualidade, margens de tolerância, procedimentos de registro, além das regras de embalagem e rotulagem aplicáveis aos fertilizantes orgânicos e biofertilizantes utilizados na agricultura. De acordo com a legislação o fertilizante orgânico é definido como Classe “A”: “produto que utiliza, em sua produção, matéria-prima gerada nas atividades extrativas, agropecuárias, industriais, agroindustriais e comerciais, incluindo aquelas de origem mineral, vegetal, animal, lodos industriais e agroindustriais de sistema de tratamento de águas residuárias com uso autorizado pelo Órgão Ambiental, resíduos de frutas, legumes, verduras e restos de alimentos gerados em pré e pós-consumo, segregados na fonte geradora e recolhidos por coleta diferenciada, todos isentos de despejos ou contaminantes sanitários, resultando em produto de utilização segura na agricultura”.

Atualmente, observa-se uma demanda crescente por produtos obtidos por meio de processos produtivos sustentáveis. Nesse âmbito, a agroecologia oferece o embasamento científico necessário para apoiar a transição para modelos de agricultura sustentável, em suas diferentes formas e denominações. Um dos pressupostos centrais dessa abordagem consiste na substituição de fertilizantes sintéticos de alta solubilidade por insumos alternativos capazes de disponibilizar nutrientes de maneira gradual, em sintonia com as necessidades das culturas ao

longo do ciclo produtivo, contribuindo, assim, para a sustentabilidade, a estabilidade biológica dos sistemas agrícolas e a conservação dos recursos naturais (Oliveira *et al.*, 2025; Ferraz, 2021).

Nesse contexto, alternativas sustentáveis como a adubação orgânica, despontam como estratégias promissoras para o fornecimento de nutrientes de forma eficiente, econômica e mais acessíveis para os produtores (Brito *et al.*, 2019). A incorporação de matéria orgânica ao solo promove melhorias significativas em seus atributos físicos, químicos e biológicos. Esses benefícios refletem-se, principalmente, na estabilização da estrutura do solo, no equilíbrio das relações hídricas, na melhoria da fertilidade e no fornecimento de nutrientes essenciais às plantas, estimulando o seu crescimento e desenvolvimento (Fernandes *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2025).

O fósforo (P) é um nutriente essencial ao desenvolvimento das plantas e, devido à elevada exigência das culturas e à sua limitada disponibilidade nos solos, a escolha de fontes fosfatadas com adequada eficiência agronômica é fundamental para a obtenção de produções economicamente viáveis. A matéria orgânica presente nesses fertilizantes exerce ação quelante, formando complexos com os óxidos do solo e reduzindo a imobilização do P (Queiroz *et al.*, 2025).

Na suinocultura um modelo bem aplicado em relação redução dos impactos ambientais é o biodigestor, o biodigestor funciona através da decomposição anaeróbica, com o objetivo de promover tratamento adequado dos dejetos, e por consequência produção de gás, biofertilizantes e biocomposto (Recolast, 2022). O resíduo acumulado na caixa decantadora, tem como destino composteiras e a produção de um biocomposto, que tem um alto valor agregado para a agricultura. O biofertilizante líquido, é produzido através da fermentação ácida dos microrganismos presentes no interior do biodigestor, com altíssima qualidade biológica e pode ser utilizado como fertilizante foliar, reticular e bioinseticida (Recolast, 2022).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido em propriedades privadas localizadas na zona rural dos municípios de Indianópolis (18° 54' 38,44" S; 47° 51' 19,81" O a 934 m de altitude) e Rio Paranaíba (19° 19' 56,78" S; 46° 23' 49,37" O a 956 m de altitude), ambos no estado de Minas Gerais (Figuras 1 e 2, respectivamente), no período de 3 de dezembro de 2024 a 26 de setembro de 2025.

A análise de solo dos dois locais está expressa nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 2: Caracterização química da amostra de solo da propriedade Café Memória. Indianópolis-MG, 2026.

pH H₂O	pH CaCl₂	P me⁻¹ mg dm³	K mg dm⁻³
6,0	5,7	9,22	52,16
K cmolc dm⁻³	Ca cmolc dm⁻³	Mg cmolc dm⁻³	Al cmolc dm⁻³
0,13	2,47	1,03	0
T cmolc dm⁻³	V %	m %	
5,78	62	0	
Al cmolc dm⁻³	H+Al cmolc dm⁻³	MO dag kg⁻¹	SB cmolc dm⁻³
0	2,15	1,9	3,63

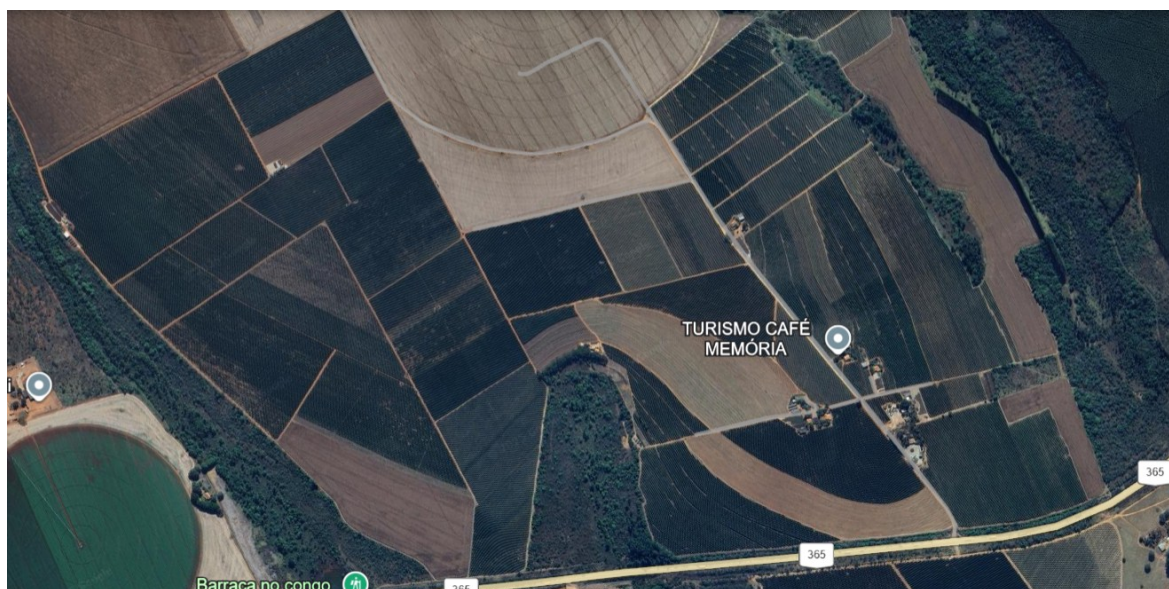


Figura 1: Imagem de satélite com a localização do ensaio. Indianópolis-MG, 2026.

Fonte: Google Earth, 2026

Tabela 3: Caracterização química da amostra da propriedade Rodomunho. Rio Paranaíba-MG, 2026.

pH H₂O	pH CaCl₂	P me^h-¹ mg dm³	K mg dm⁻³
5,3	4,4	2,3	81,9
K cmolc dm⁻³	Ca cmolc dm⁻³	Mg cmolc dm⁻³	Al cmolc dm⁻³
0,21	0,3	0,2	0,6
T cmolc dm⁻³	V %	m %	
5,01	14,2	45,8	
Al cmolc dm⁻³	H+Al cmolc dm⁻³	MO dag kg⁻¹	SB cmolc dm⁻³
0,6	4,3	2,1	0,71

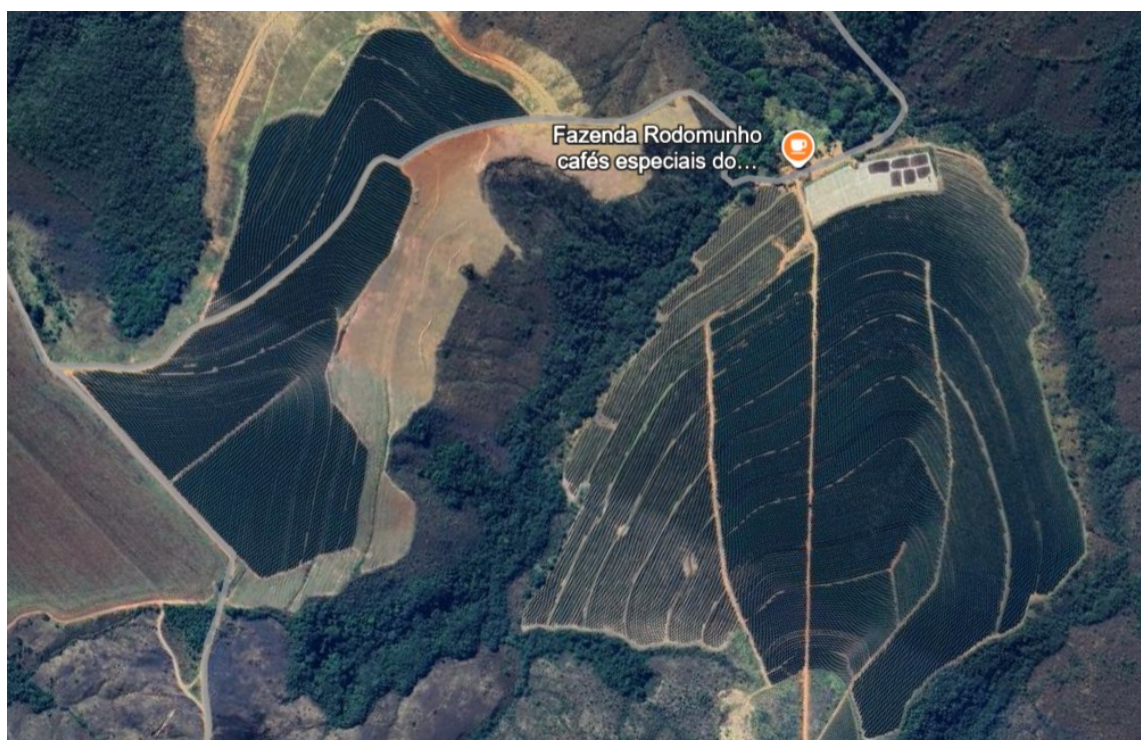


Figura 2: Imagem de satélite com a localização do ensaio. Rio Paranaíba-MG, 2026.
Fonte: Google Earth, 2026.

O município de Indianópolis foi caracterizado como ambiente de produção irrigado, enquanto Rio Paranaíba representou o ambiente de produção em condições de sequeiro. Inicialmente, foram aplicados calcário, gesso agrícola e esterco orgânico em ambas as áreas experimentais, conforme o manejo adotado pelos respectivos produtores. Ressalta-se que o controle de pragas e doenças foi realizado pelos proprietários de acordo com seus sistemas usuais de manejo, de forma uniforme em toda a lavoura.

Os experimentos foram constituídos por 20 parcelas experimentais, cada uma composta por 15 plantas úteis centrais e duas bordaduras nas extremidades. Na área localizada em Indianópolis, o espaçamento entre plantas foi de 0,7 m, totalizando 240 m lineares,

enquanto na área localizada em Rio Paranaíba o espaçamento adotado foi de 0,6 m, com comprimento total de 204 m lineares.



Figura 3: Preparo e correção de solo realizado nas propriedades (A) Café Memória e (B) Rodomunho, respectivamente. (A) Indianópolis-MG, (B) Rio Paranaíba- MG, 2026.

Fonte: Autor, 2024.

Os ensaios foram conduzidos em delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições e cinco tratamentos, correspondentes aos fertilizantes Superfosfato simples (SS), Fosfato monoamônico (MAP) e Fertilizante Orgânico Fosfatado (FOF). O FOF foi produzido a partir de subprodutos sólidos da suinocultura submetidos a tratamento em biodigestor, resíduos que vêm sendo amplamente utilizados pela indústria de fertilizantes orgânicos e organominerais devido aos resultados promissores obtidos na melhoria da fertilidade do solo e no fornecimento de nutrientes às plantas, conforme relatado por Queiroz, *et al*, 2025.

As doses aplicadas foram definidas de acordo com as recomendações do Manual de Adubação e Calagem para o Estado de Minas Gerais- 5ª Aproximação (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4: Descrição dos tratamentos avaliados no ensaio. Indianópolis- MG, 2026.

Tratamento	Fórmula	Kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	Kg ha ⁻¹ Fertilizante	g m ⁻¹
1 – S. Simples	00-18-00	216,2	1201,1	444,4
2 - MAP 100%	11-52-00	216,2	415,8	153,8
3 - FOF 100%	00-13-00	216,2	1.663,1	615,3
4 - FOF 95% + MAP 5%	-	205,4+10,8	FOF 1.579,9+ M 20,8	584,5+ 7,7
5- FOF 90% + MAP 10%	-	194,6 + 21,6	FOF 1.496,9+ M 41,5	553,8+ 15,4

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Tabela 5: Descrição dos tratamentos avaliados no ensaio. Rio Paranaíba- MG, 2026.

Tratamento	Fórmula	Kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	Kg ha ⁻¹ Fertilizante	g m ⁻¹
1 – S. Simples	00-18-00	210,5	1169,4	444,3
2 - MAP 100%	11-52-00	210,5	404,8	153,8
3 - FOF 100%	00-13-00	210,5	1.619,2	615,2
4 - FOF 95% + MAP 5%	-	200 +10,5	FOF 1.538,5+ M 20,2	584,5+ 7,7
5- FOF 90% + MAP 10%	-	189,5 + 21	FOF 1.457,6+ M 40,4	553,8+ 15,4

O transplântio das mudas na área localizada em Rio Paranaíba foi realizado em 3 de dezembro de 2024, ocasião em que também foi efetuada a adubação de plantio, com os procedimentos devidamente registrados na Figura 4. Nesse período, a pluviosidade média acumulada para o mês de dezembro foi de 376,2 mm, conforme dados do INMET (2026). Na área de Indianópolis, o mesmo procedimento foi realizado em 21 de dezembro de 2024, documentado na Figura 5. De acordo com o INMET (2026), a pluviosidade média registrada nesse mês para essa região foi de 216,6 mm.



Figura 4: Adubação e transplântio de mudas. Rio Paranaíba- MG, 2026.



Figura 5: Adubação e transplântio de mudas. Indianópolis- MG, 2026.

Os demais dados de pluviosidade e temperatura ao longo do período de condução dos ensaios estão apresentados nas Figuras 6 a 9.

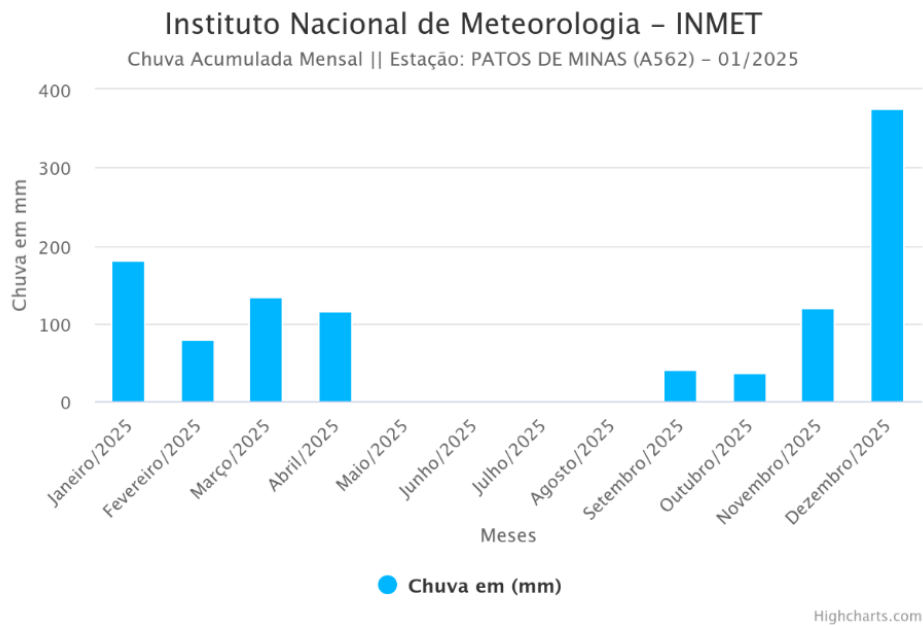


Figura 6: Gráfico de precipitação acumulada no ano de 2025, nas proximidades da região de Rio Paranaíba- MG, 2026.¹
Fonte: INMET, 2026.



Figura 7: Gráfico da temperatura média no ano de 2025, nas proximidades da região de Rio Paranaíba- MG, 2026.²
Fonte: INMET, 2026.

1; 2: Na ausência de dados específicos para Rio Paranaíba-MG, foram utilizados dados secundários provenientes de Patos de Minas-MG, município geograficamente próximo e inserido em contexto edafoclimático semelhante, assegurando a consistência da análise.

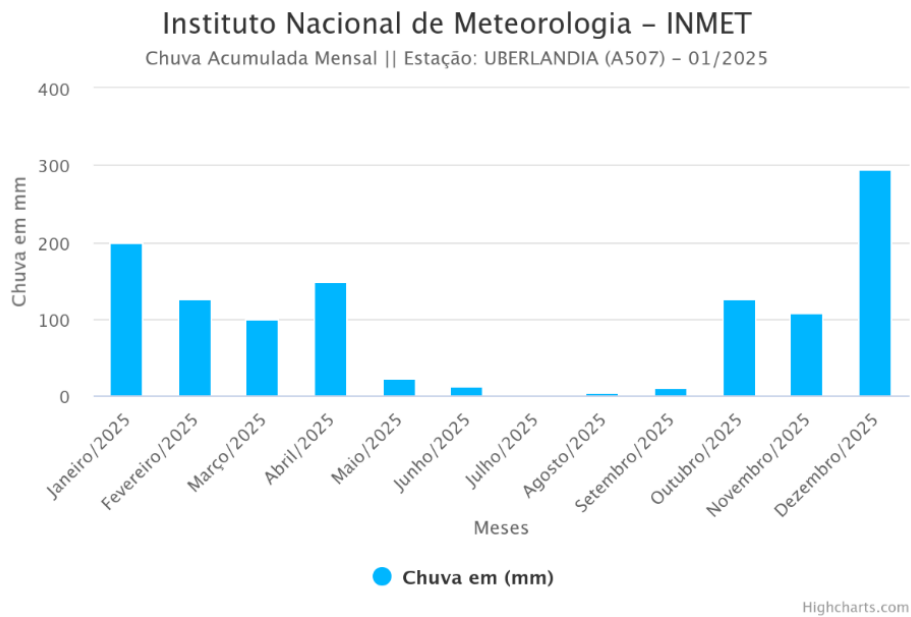


Figura 8: Gráfico de precipitação acumulada no ano de 2025, nas proximidades da região de Indianópolis- MG, 2026.³
Fonte: INMET, 2026.



Figura 9: Gráfico da temperatura média no ano de 2025, nas proximidades da região de Indianópolis- MG, 2026.⁴
Fonte: INMET, 2026.

3; 4: Na ausência de dados específicos para Indianópolis-MG, foram utilizados dados secundários provenientes de Uberlândia-MG, município geograficamente próximo e inserido em contexto edafoclimático semelhante, assegurando a consistência da análise.

Para fins operacionais, as avaliações foram realizadas em diferentes épocas após o transplântio das mudas, sendo na área localizada no município de Indianópolis aos 30, 90, 150 e 210 dias, e na área localizada em Rio Paranaíba aos 90 e 210 dias após o transplântio. Em cada período avaliativo, o desenvolvimento das plantas foi determinado por meio da mensuração da altura de plantas, número de folhas, índice de clorofila e diâmetro do caule, sendo a altura medida da base ao ápice com o auxílio de trena métrica, o índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) determinado nas folhas e o diâmetro do caule aferido com paquímetro digital de alta precisão (Figura 10). Aos 210 dias após o transplântio, também foram coletadas amostras de solo utilizando trado (Figura 11), e foliares com o objetivo de avaliar o efeito residual dos fertilizantes no solo, bem como os teores de nutrientes presentes nas folhas.



Figura 10: Determinação do índice SPAD, altura de planta, diâmetro de caule e número de folhas. Indianópolis-MG e Rio Paranaíba-MG, 2026.



Figura 11: Coleta de solo e foliar para análise. Indianópolis-MG e Rio Paranaíba-MG, 2026.

Os dados foram comparados por meio da análise de variância (ANOVA) utilizando o Teste F. Quando identificadas diferenças significativas entre os tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de significância, com o apoio do software RStudio.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Ensaio instalado em Indianópolis-MG

Nas avaliações da altura média do cafeeiro (tabela 6 e gráfico 1) não houve efeito significativo dos tratamentos de forma isolada, exceto aos 90 DAP em que o fertilizante Superfosfato Simples apresentou valor superior aos demais para essa característica (20,40 cm). Esse resultado demonstra que a utilização de uma fonte fosfatada solúvel para o “arranque” da cultura pode resultar numa melhor resposta em relação a altura de plantas, muito embora o fertilizante MAP não tenha obtido resultado semelhante. Trabalhos realizados na cultura do cafeeiro, comparando fontes fosfatadas organominerais e convencionais, também apresentaram bons resultados de crescimento inicial com a utilização de Superfosfato Simples e de fertilizante organomineral granulado e em pó contendo microrganismos solubilizadores (Cândido *et al.*, 2013).

Tabela 6: Médias de altura de plantas (cm) de café aos 30, 90, 150 e 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Indianópolis-MG, 2026.

Tratamento	Altura 30 DAP ^{ns}	Altura 90 DAP	Altura 150 DAP ^{ns}	Altura 210 DAP ^{ns}
1- S. Simples	17,25	20,40 a	22,7	26,37
2- MAP	16,12	18,53 b	23,05	25,86
3- FOF 100%	16,5	19,08 b	22,5	25,45
4- FOF 95% + MAP 5%	15,5	18,99 b	21,64	26,53
5- FOF 90% + MAP 10%	16,12	18,47 b	22,6	25,45
CV (%)	4,38	2,71	4,49	4,01

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott à 5% de probabilidade.

**ns= dado não significativo.

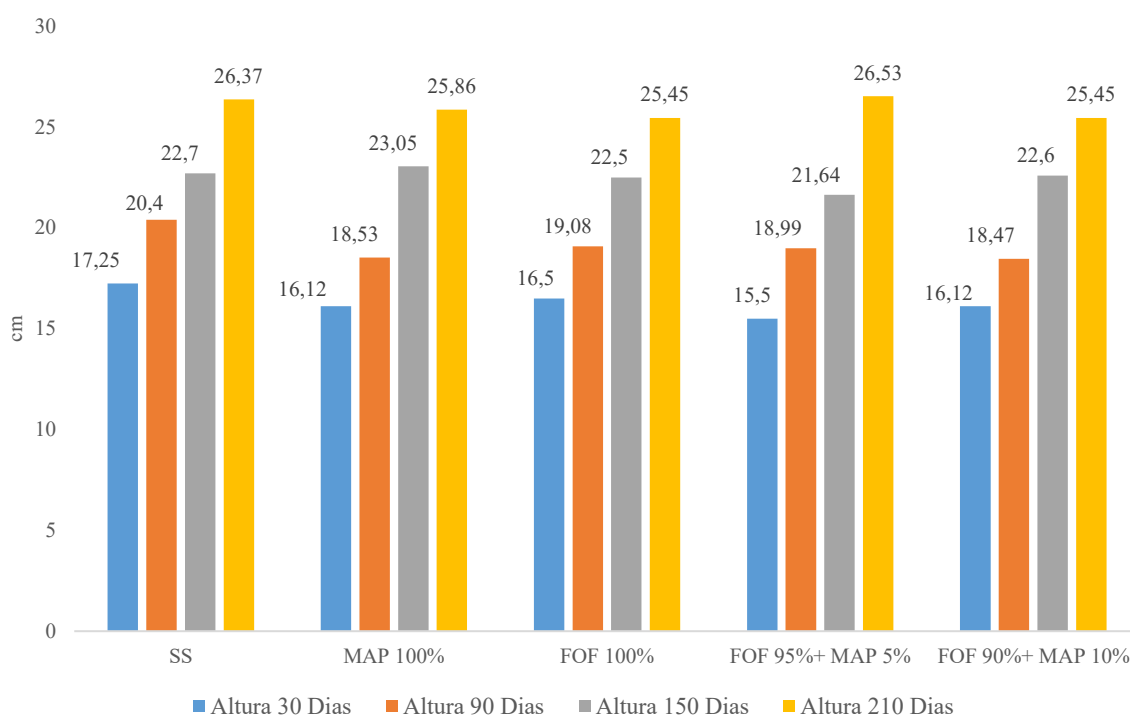


Gráfico 2: Médias de altura (cm) de plantas de café aos 30, 90, 150 e 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Indianópolis-MG, 2026.

Na tabela 7 e gráfico 2, observa-se que as fontes de fósforo proporcionaram valores semelhantes para o diâmetro do caule em todas as épocas de avaliações. O suprimento imediato de P é essencial para o crescimento celular e o alongamento do caule na fase inicial do desenvolvimento das plantas. Dessa forma, sua disponibilidade está diretamente relacionada ao espessamento caulinar, fator importante para sustentar o desenvolvimento vegetativo do cafeeiro, bem como a granação dos frutos (Bressan, 2015; Marschner, 2012; Queiroz, 2025).

Tabela 7: Médias do diâmetro de caule (mm) de café aos 30, 90, 150 e 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Indianópolis-MG, 2026.

Tratamento	Diâmetro 30 DAP ^{ns}	Diâmetro 90 DAP ^{ns}	Diâmetro 150 DAP ^{ns}	Diâmetro 210 DAP ^{ns}
1- S. Simples	3,83	5,08	6,56	6,85
2- MAP	3,95	5,20	6,55	7,69
3- FOF 100%	4,30	5,25	6,21	7,23
4- FOF 95% + MAP 5%	3,85	4,96	5,88	7,33
5- FOF 90% + MAP 10%	3,95	5,13	5,92	7,31
CV (%)	6,27	8,48	5,84	5,75

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott à 5% de probabilidade.

**ns= dado não significativo.

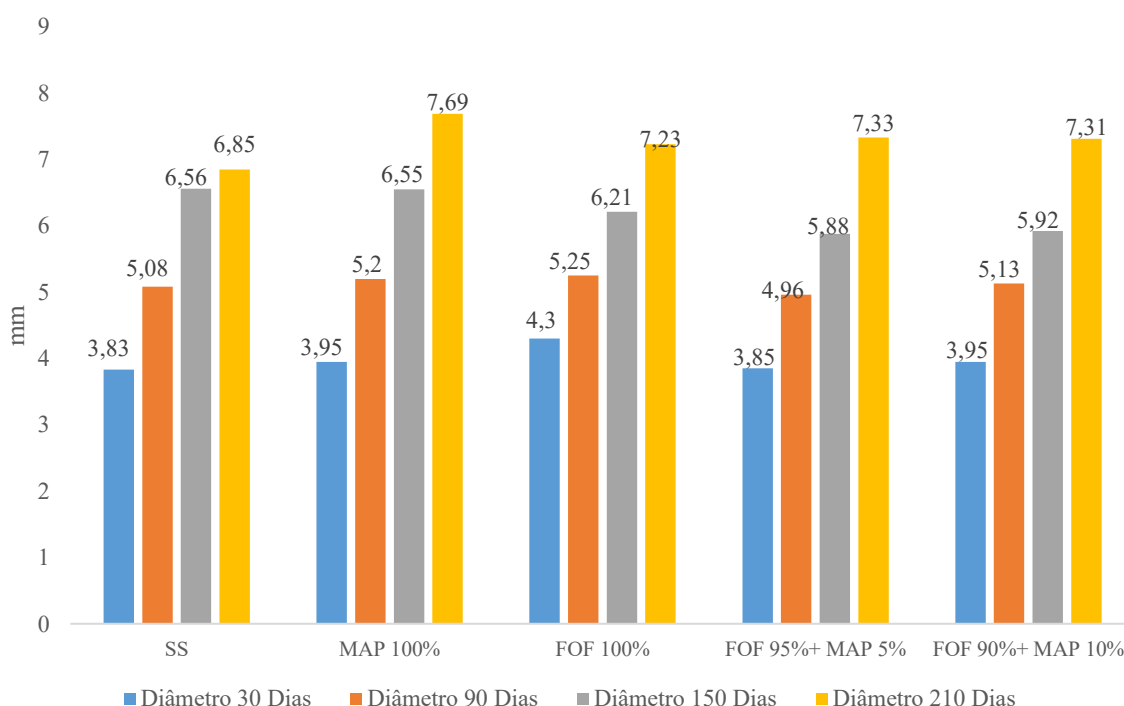


Gráfico 3: Médias do diâmetro de caule (mm) das plantas de café aos 30, 90, 150 e 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Indianópolis-MG, 2026.

Na tabela 8 e gráfico 3 são apresentadas as médias de SPAD em folhas do cafeeiro. O fósforo é um composto essencial para formação da adenosina, molécula formadora de ATP e importante para a assimilação e transporte de nitrogênio. O índice SPAD relaciona o teor de clorofila com o teor de nitrogênio foliar devido ao fato de que a clorofila é um composto

nitrogenado (Argenta; Silva; Bortolini, 2001). A depender dos níveis de fósforo, pode ocorrer redução na absorção e a eficiência do uso do nitrogênio pela planta.

Tabela 8: Médias do índice SPAD nas folhas das plantas de café aos 30, 90, 150 e 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Indianópolis-MG, 2026.

Tratamento	SPAD 30 DAP	SPAD 90 DAP	SPAD 150 DAP ^{ns}	SPAD 210 DAP
1- S. Simples	41,4 c	44,97 b	43,21	52,25 b
2- MAP	47,75 a	47,15 a	44,04	54,49 b
3- FOF 100%	44,09 b	42,41 c	44,16	49,63 b
4- FOF 95% + MAP 5%	43,72 b	44,91 b	43,18	52,4 b
5- FOF 90% + MAP 10%	41,42 c	46,16 a	45,14	59,64 a
CV (%)	3,08	1,83	2,74	3,96

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott à 5% de probabilidade.

**ns= dado não significativo.

A combinação entre a liberação mais gradual do fósforo proveniente do fertilizante de fonte orgânica (FOF) e a alta solubilidade do fertilizante mineral MAP (fosfato monoamônico) resultou em desempenho diferenciado do tratamento 5, especialmente aos 90 e 210 DAP. Esse efeito pode ser atribuído à sinergia entre o fornecimento imediato de fósforo pelo MAP e a liberação progressiva pelo FOF (90%), garantindo suprimento contínuo do nutriente ao longo do desenvolvimento das plantas.

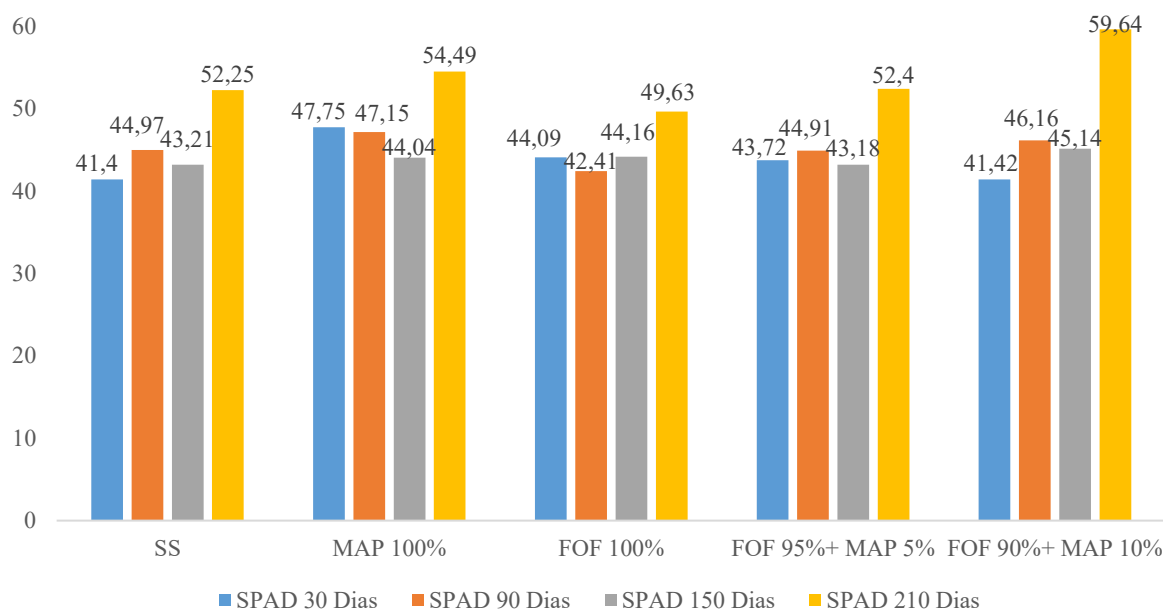


Gráfico 4: Médias do índice SPAD nas plantas de café aos 30, 90, 150 e 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Indianópolis-MG, 2026.

A avaliação do número de folhas por planta é demonstrada na tabela 9 e gráfico 4. O número de folhas e a área foliar, são comumente citados como fatores associados à produção. Teores foliares limitados de fósforo podem ter reflexos sobre o crescimento da planta ao retardar a abertura de gemas (Martinez; Neves, 2015).

Tabela 9: Médias do número de folhas nas plantas de café aos 30, 150 e 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Indianópolis-MG, 2026.

Tratamento	Número de Folhas	Número de Folhas	Número de Folhas
	30 DAP	150 DAP	210 DAP
1- S. Simples	11,0 a	30,87 b	40,1 b
2- MAP	11,5 a	37,75 a	52,17 a
3- FOF 100%	12,0 a	34,88 a	45,05 b
4- FOF 95% + MAP 5%	11,25 a	32,05 b	45,08 b
5- FOF 90% + MAP 10%	10,25 b	30,94 b	42,07 b
CV (%)	3,74	6,33	8,75

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott à 5% de probabilidade.

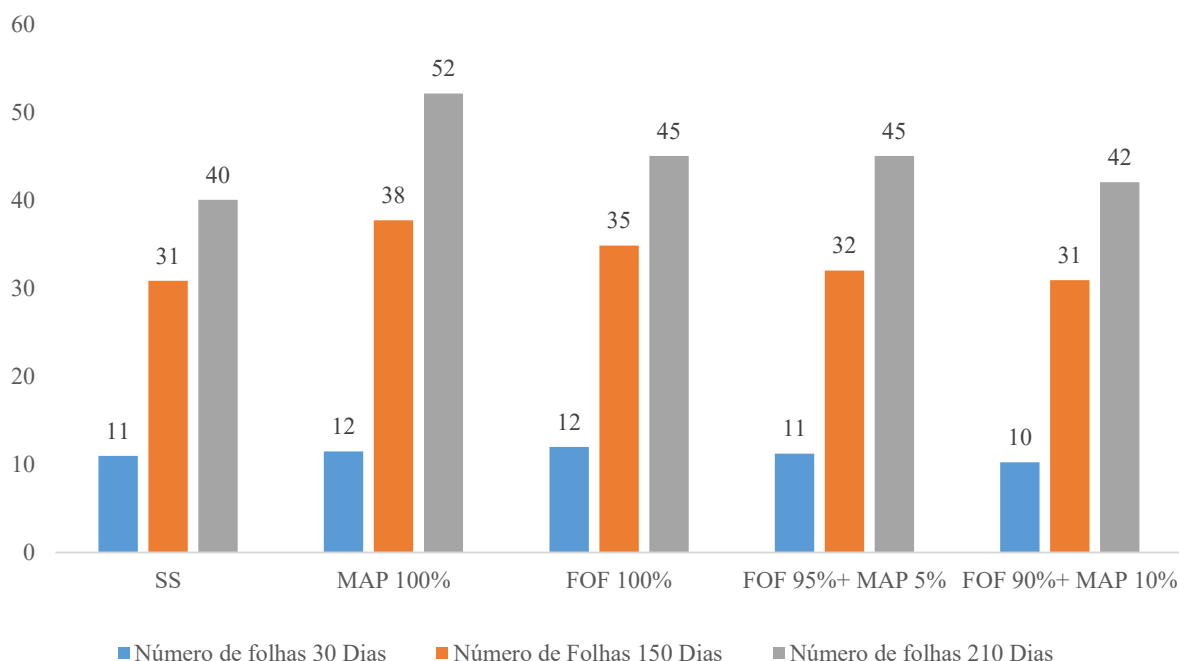


Gráfico 5: Médias do número de folhas nas plantas de café aos 30, 150 e 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Indianópolis-MG, 2025.

Na avaliação aos 30 DAP foram observadas poucas diferenças entre os tratamentos, enquanto aos 150 DAP, MAP e FOF 100% diferiram significativamente dos demais, com melhor resultado. Todavia, na última avaliação (210 DAP) o MAP promoveu maior número de folhas por planta. Resultados semelhantes foram observados por Queiroz *et al.* (2025), que verificaram maior acúmulo de biomassa na cultura do feijoeiro com a utilização de MAP 100%, destacando-se também o fertilizante organomineral na proporção de 85%. Cabe ressaltar que a área foliar está diretamente ligada à capacidade fotossintética da planta, refletindo no acúmulo de biomassa e na produtividade da cultura (Queiroz *et al.*, 2025; Rezende, 2018).

Na tabela 10 e gráfico 5 são expressos os teores foliares de macronutrientes nas plantas de cafeeiro e com exceção ao K e Ca, todos os demais nutrientes se encontraram em conformidade com os teores críticos definidos pelo 5º Aproximação (Ribeiro; Guimarães; Alvarez, 1999). Percebeu-se pelos resultados que a adição de MAP 5% ao Fertilizante Orgânico Fosfatado promoveu maiores concentrações de S e K em comparação aos demais fertilizantes ($2,5 \text{ g.kg}^{-1}$ e $21,61 \text{ g.kg}^{-1}$, respectivamente) e o acréscimo de 10% de MAP favoreceu a absorção e o acúmulo de nitrogênio, fato evidenciado pelos valores médios do índice SPAD, que foram superiores nesse mesmo tratamento.

Tabela 10: Médias dos teores de macronutrientes foliares (g.kg^{-1}) nas plantas de café aos 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Indianópolis-MG, 2026.

Tratamento	Teor foliar de macronutrientes					
	N	P ^{ns}	K	S	Ca	Mg ^{ns}
	----- g.kg^{-1} -----					
1- S. Simples	34,60 c	1,71	16,71 b	1,85 b	16,82 a	4,04
2- MAP	37,17 b	1,71	17,36 b	1,90 b	15,75 a	4,44
3- FOF 100%	35,47 c	1,86	17,28 b	1,87 b	15,1 a	4,94
4- FOF 95% + MAP 5%	36,96 b	1,64	21,61 a	2,50 a	12,72 b	4,03
5- FOF 90% + MAP 10%	39,65 a	1,76	18,91 b	1,766 b	15,41 a	4,5
CV (%)	2,18	12,17	6,18	8,86	5,61	16,41

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott à 5% de probabilidade.

**ns= dado não significativo.

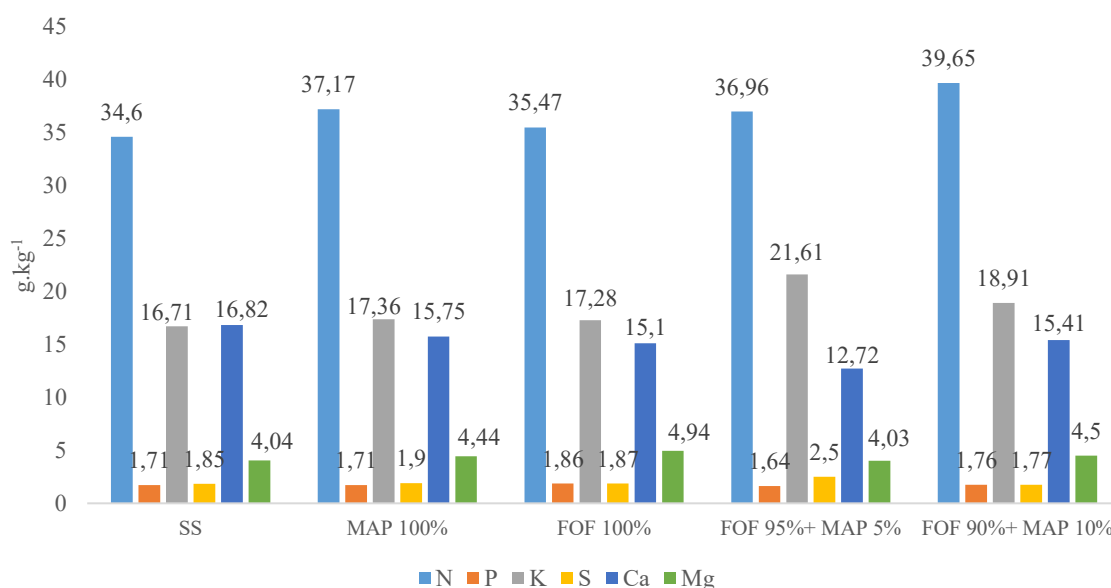


Gráfico 6: Médias dos teores de macronutrientes foliares nas plantas de café aos 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Indianópolis-MG, 2026.

Em relação aos teores foliares de micronutrientes de forma semelhante ao observado em outros estudos com o Fertilizante Orgânico Fosfatado, verifica-se que os níveis de alguns elementos foram iguais ou superiores aos obtidos com a adubação mineral, além de se situarem dentro ou acima dos níveis críticos estabelecidos pelo 5ª Aproximação (Ribeiro; Guimarães; Alvarez, 1999). Esse comportamento pode estar associado à presença de micronutrientes oriundos

da matéria orgânica presente no fertilizante. Os elementos de maior destaque nessa relação são cobre, zinco, manganês e boro (tabela 11 e gráfico 6).

Tabela 11: Médias dos teores de micronutrientes foliares (mg.kg^{-1}) nas plantas de café aos 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Indianópolis-MG, 2025.

Tratamento	Teor Foliar de micronutrientes				
	Cu	Fe	Mn	Zn	B
	----- mg.kg^{-1} -----				
1- S. Simples	12,34 b	255,13 a	169,53 a	6,8 b	102,17 a
2- MAP	15,05 a	249,66 a	167,46 a	7,56 b	85,75 b
3- FOF 100%	15,24 a	214,03 b	95,31 b	8,60 a	100,9 a
4- FOF 95% + MAP 5%	14,07 a	217,32 b	172,13 a	8,17 a	70,84 c
5- FOF 90% + MAP 10%	15,15 a	230,28 b	108,82 b	9,30 a	59,21 d
CV (%)	6,71	4,69	10,12	7,8	5,38

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott à 5% de probabilidade.

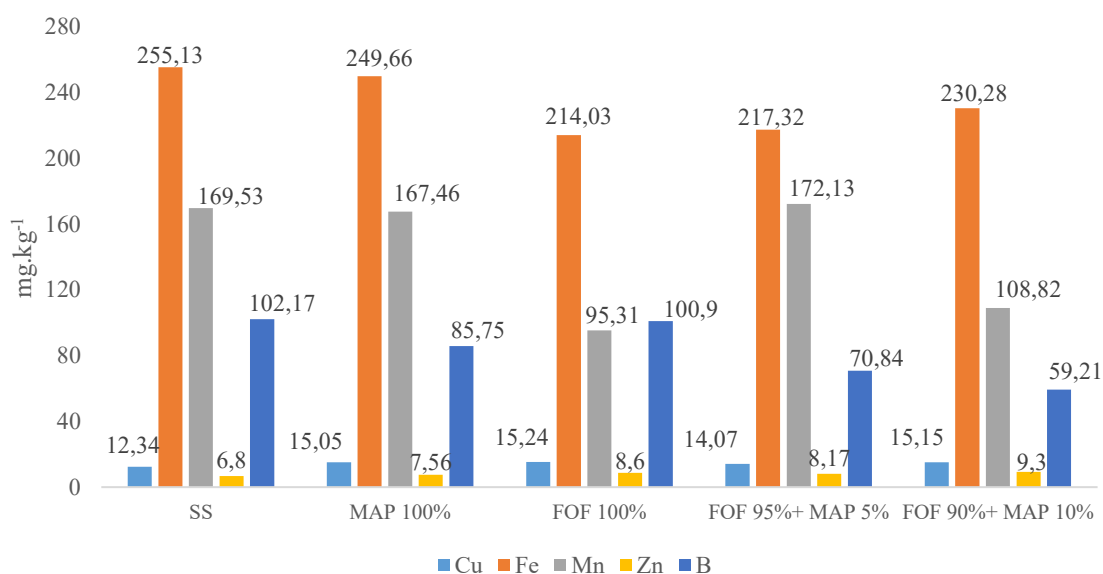


Gráfico 7: Médias dos teores de micronutrientes foliares (g.kg^{-1}) nas plantas de café aos 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Indianópolis-MG, 2025.

Em Latossolos do Cerrado, predomina a tendência de fixação de P (Novais; Smyth; Nunes, 2007), reduzindo sua disponibilidade às plantas. Nesse contexto, a utilização de fontes com menor solubilidade favorece a liberação gradual do nutriente, diminuindo sua adsorção aos

coloides do solo. Esse comportamento é corroborado pelos resultados apresentados na tabela 12 e no gráfico 7, nos quais a mistura de 95% FOF + 5% MAP, juntamente com o Superfosfato simples, proporcionaram os maiores efeitos de fósforo residual no solo.

Tabela 12: Médias dos teores de fósforo residual (mg.dm^{-3}) no solo aos 210 DAP do café, em função de fontes de P_2O_5 . Indianópolis-MG, 2025.

Tratamento	Pres 210 DAP
1- S. Simples	81,19 a
2- MAP	62,69 b
3- FOF 100%	67,48 b
4- FOF 95% + MAP 5%	75,69 a
5- FOF 90% + MAP 10%	61,21 b
CV (%)	5,13

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott à 5% de probabilidade

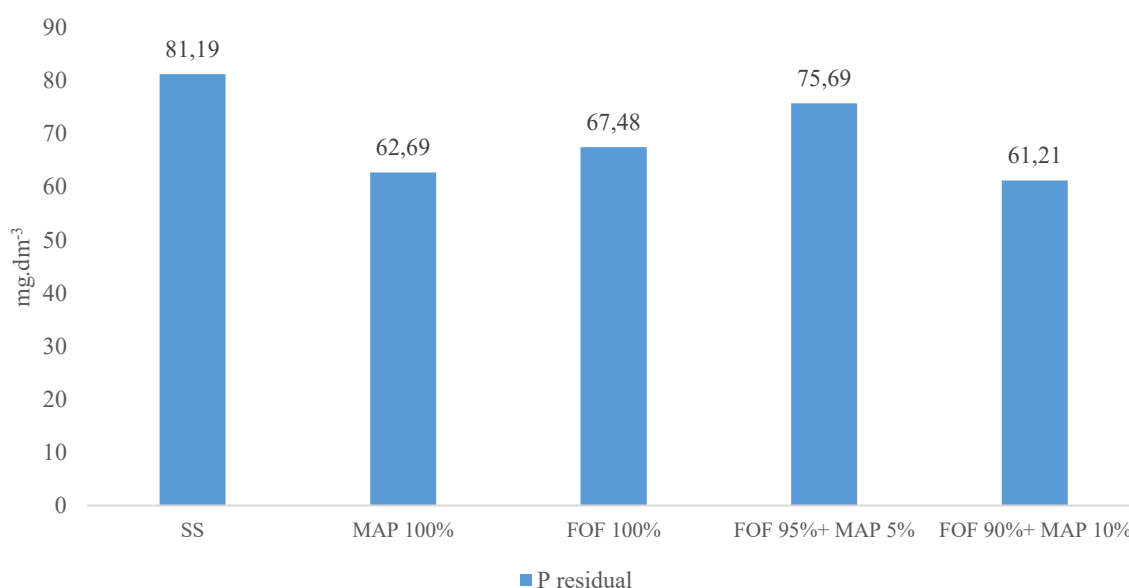


Gráfico 8: Médias dos teores de fósforo residual (mg.dm^{-3}) no solo aos 210 DAP do café, em função de fontes de P_2O_5 . Indianópolis-MG, 2026.

4.2 Ensaio instalado em Rio Paranaíba-MG

Nas avaliações de altura média de plantas, foram observados resultados promissores para a mistura de FOF + MAP 10%. No primeiro período avaliativo, a mistura obteve maior desempenho no crescimento inicial (tabela 13 e gráfico 8). A incorporação de matéria orgânica via fertilização orgânica intensifica a persistência do fósforo no solo, em função do fornecimento progressivo desse nutriente ao longo do tempo, promovendo crescimento gradual das plantas (Fernandes *et al.*, 2015). Os resultados obtidos aos 210 dias confirmam essa teoria ao demonstrar desempenho contínuo do fertilizante orgânico fosfatado, apesar dos resultados positivos obtidos pelos fertilizantes convencionais MAP e Superfosfato Simples.

Trabalhos como o de Cândido (2013) também verificaram resultados promissores tanto no uso de fertilizantes organominerais quanto de fertilizantes convencionais, e ainda salientaram a importância desse parâmetro, atrelado ao diâmetro de caule, para avaliar o crescimento das mudas de café.

Tabela 13: Médias de altura (cm) de plantas de café aos 90 e 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Rio Paranaíba-MG, 2026.

Tratamento	Altura 90 DAP	Altura 210 DAP
1- S. Simples	16,15 c	30,5 a
2- MAP	16,85 b	30,81 a
3- FOF 100%	16,83 b	30,31 a
4- FOF 95% + MAP 5%	15,67 c	28,25 b
5- FOF 90% + MAP 10%	17,37 a	29,75 a
CV (%)	2,0	1,95

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott à 5% de probabilidade.

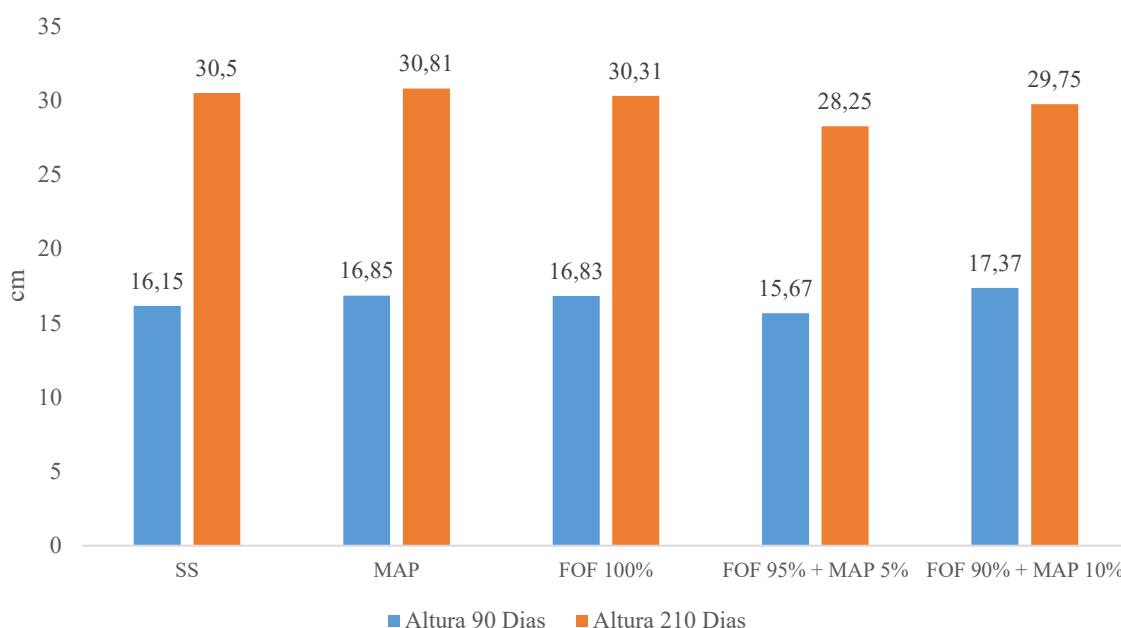


Gráfico 9: Médias de altura (cm) de plantas de café aos 90 e 210 DAP em função de fontes de P₂O₅. Rio Paranaíba-MG, 2026.

Na tabela 14 e no gráfico 9 estão apresentados os resultados referentes ao diâmetro de caule do cafeeiro. Enquanto na primeira avaliação aos 90 DAP apenas o fertilizante superfosfato simples resultou em média superior às demais fontes de fósforo, aos 210 DAP o FOF 100% e FOF 95% + MAP 5% também promoveram diâmetros de caule superiores.

Tabela 14: Médias de diâmetro de caule (mm) de plantas de café aos 90 e 210 DAP em função de fontes de P₂O₅. Rio Paranaíba-MG, 2026.

Tratamento	Diâmetro 90 DAP	Diâmetro 210 DAP
1- S. Simples	5,32 a	9,7 a
2- MAP	4,46 b	8,27 c
3- FOF 100%	4,39 b	9,44 a
4- FOF 95% + MAP 5%	4,13 b	9,37 a
5- FOF 90% + MAP 10%	3,9 b	8,93 b
CV (%)	8,70	3,90

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott à 5% de probabilidade

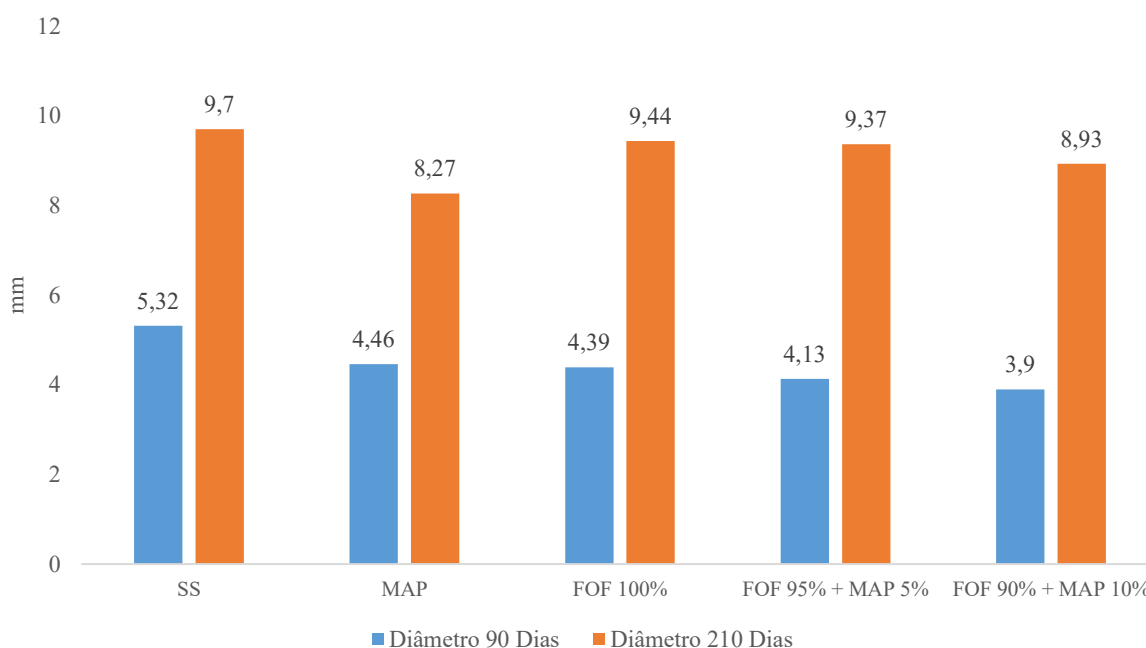


Gráfico 10: Médias do diâmetro (mm) de caule das plantas de café aos 90 e 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Rio Paranaíba-MG, 2026.

Dentre os fatores que interferem no teor de clorofila de uma planta está a mobilização do nitrogênio presente nas moléculas dessa organela para suprir suas necessidades metabólicas, levando a diminuição do índice SPAD (Godoy *et al*, 2008). Considerando que o transporte de N para o interior da célula radicular é um processo ativo e, portanto, dependente de gasto energético (ATP), a menor disponibilidade de fósforo pode comprometer esse processo, reduzindo a eficiência de absorção e assimilação do nitrogênio. Entre os fatores que influenciam a disponibilidade de P no solo está o teor de água, uma vez que o principal mecanismo de transporte desse nutriente até a superfície radicular é a difusão, processo diretamente dependente do conteúdo volumétrico de água no solo (Costa *et al.*, 2006). Dessa forma, por se tratar de um cultivo em regime de sequeiro, os períodos de menor disponibilidade hídrica pode ter reduzido o fluxo difusivo de P, comprometendo indiretamente sua absorção e, consequentemente, contribuindo para a redução observada no teor de clorofila.

A tabela 15 e o gráfico 10 evidenciam o desempenho das combinações de fertilizantes orgânicos com MAP no aumento dessa variável. Esse efeito pode estar associado à presença de substâncias húmicas e fúlvicas oriundas da matéria orgânica, que favorecem a absorção e o aproveitamento de nutrientes, especialmente o fósforo (Yang *et al.*, 2013).

Tabela 15: Médias do índice SPAD em folhas do café aos 90 e 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Rio Paranaíba-MG, 2026.

Tratamento	SPAD 90 DAP	SPAD 210 DAP
1- S. Simples	51,11 b	46,01 c
2- MAP	48,21 c	48,14 b
3- FOF 100%	48,30 c	45,06 c
4- FOF 95% + MAP 5%	50,25 b	55,15 a
5- FOF 90% + MAP 10%	52,42 a	48,17 b
CV (%)	1,43	2,86

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott à 5% de probabilidade.

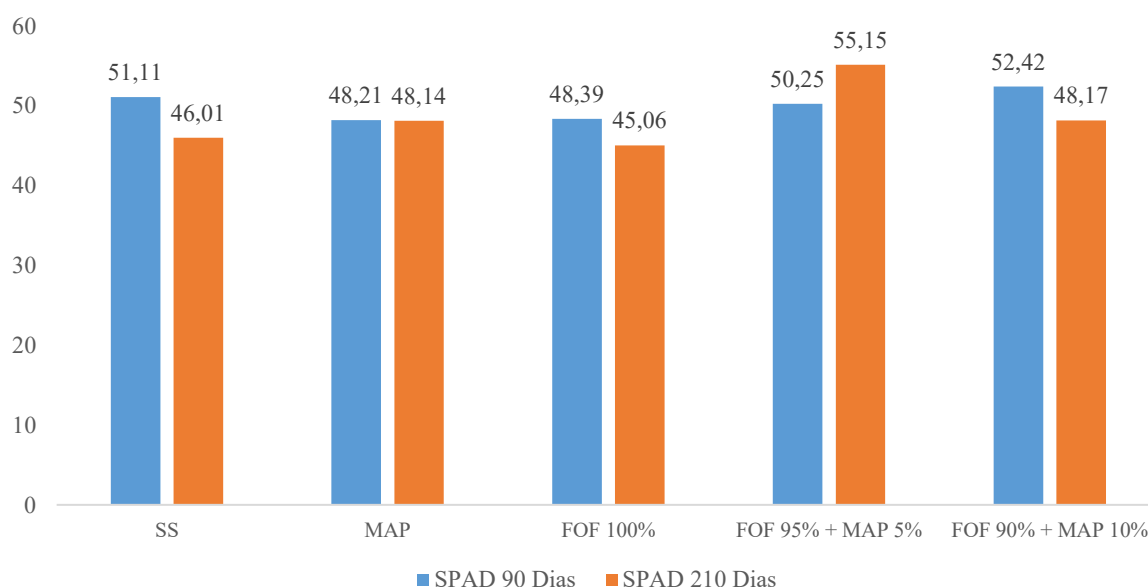


Gráfico 11: Médias do índice SPAD nas folhas das plantas de café aos 90 e 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Rio Paranaíba-MG, 2026.

Em relação ao número de folhas por planta, apresentado na tabela 16 e no gráfico 11, observa-se que, aos 90 DAP, os valores foram bastante semelhantes entre as fontes de fósforo avaliadas, com exceção da mistura FOF 95% + MAP 5%, que apresentou desempenho inferior às demais. Esse resultado sugere que, nesse estágio inicial, tanto o fertilizante organofosfatado quanto o convencional foram capazes de atender satisfatoriamente à demanda de fósforo da cultura, proporcionando boas taxas de emissão foliar.

Já na última avaliação, os tratamentos com MAP e FOF 100% se destacaram, promovendo maior número de folhas em relação aos demais tratamentos. Esse comportamento indica que o fertilizante organofosfatado manteve, ao longo do ciclo, capacidade de suprir

adequadamente as exigências de fósforo da planta, sustentando o crescimento foliar de forma equivalentes à obtida com MAP, fonte de alta solubilidade, tradicionalmente associadas à rápida disponibilização de nutrientes no solo. É importante destacar que o número de folhas está diretamente relacionado à área foliar total da planta, à interceptação de luz e, consequentemente, à capacidade fotossintética e ao potencial de crescimento e acúmulo de biomassa pela cultura.

Tabela 16: Médias do número de folhas nas plantas de café aos 90 e 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Rio Paranaíba-MG, 2026.

Tratamento	Número de Folhas	Número de Folhas
	90 DAP	210 DAP
1- S. Simples	13,06 a	115,75 b
2- MAP	13,14 a	128,75 a
3- FOF 100%	12,61 a	131,50 a
4- FOF 95% + MAP 5%	10,94 b	113,00 b
5- FOF 90% + MAP 10%	12,10 a	110,25 b
CV (%)	5,96	5,73

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott à 5% de probabilidade.

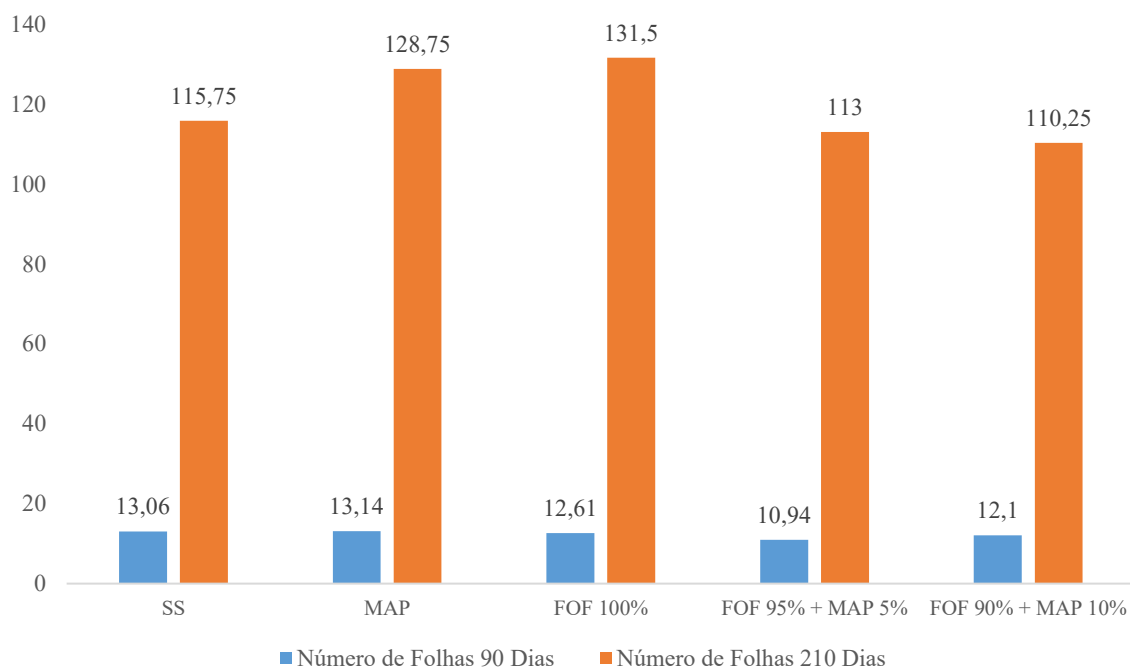


Gráfico 12: Médias do número de folhas nas plantas de café aos 90 e 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Rio Paranaíba-MG, 2026.

Ressalta-se que, com exceção de K e Mg, todos os demais nutrientes apresentaram valores adequados em relação aos níveis críticos estabelecidos pela 5ª Aproximação (Ribeiro; Guimarães; Alvarez, 1999). O fertilizante organofosfatado se apresentou entre maiores teores foliares de Mg, S, K, N e P. Este resultado comprova que o uso desta fonte na fase de instalação do cafeeiro, sob o ponto de vista nutricional, pode substituir com vantagens as principais fontes minerais de fósforo comumente empregadas. É essencial destacar que, especialmente em cultivos de sequeiro, a elevação dos níveis da fração orgânica do solo, pode favorecer a retenção de água, reduzindo danos por estresse hídrico.

Tabela 17: Médias dos teores de macronutrientes foliares (g.kg^{-1}) nas plantas de café aos 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Rio Paranaíba-MG, 2026.

Tratamento	Teor foliar de macronutrientes					
	N	P	K	S	Ca	Mg
	----- g.kg^{-1} -----					
1- S. Simples	28,73 d	1,78 a	16,25 b	1,22 b	14,25 a	3,20 b
2- MAP	30,10 c	2,17 a	15,75 b	1,55 b	12,50 a	2,85 b
3- FOF 100%	38,67 a	1,73 a	21,72 a	2,38 a	11,45 b	5,59 a
4- FOF 95% + MAP 5%	34,30 b	1,21 b	20,93 a	1,69 b	10,92 b	3,93 b
5- FOF 90% + MAP 10%	35,38 b	1,31 b	21,41 a	1,74 b	10,6 b	3,82 b
CV (%)	2,59	20,69	4,11	20,90	10,04	18,09

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott à 5% de probabilidade.

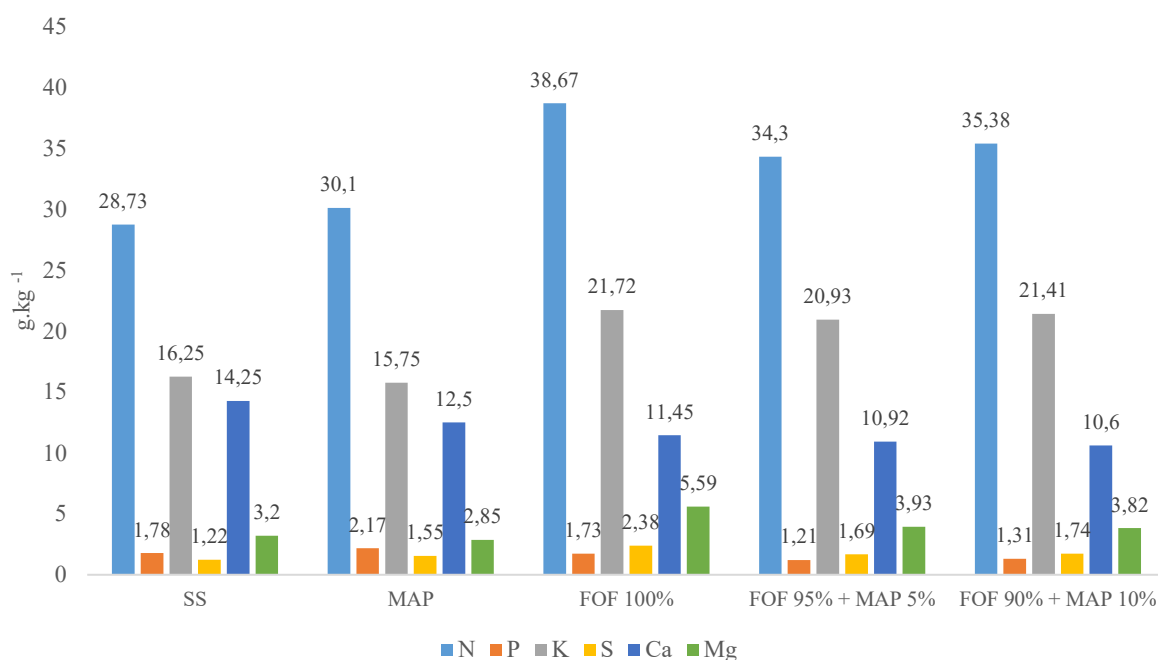


Gráfico 13: Médias dos teores de macronutrientes foliares (g.kg⁻¹) nas plantas de café aos 210 DAP em função de fontes de P₂O₅, Rio Paranaíba-MG, 2026.

Na tabela 18 e gráfico 13, são apresentados os teores de micronutrientes foliares, os quais, com exceção do Cu, encontram-se dentro dos níveis críticos estabelecidos pela 5ª Aproximação (Ribeiro; Guimarães; Alvarez, 1999). Observa-se novamente um bom desempenho fertilizante organofosfatado, com ou sem adição de MAP, nos teores de B, Mn e Fe, em exceção dos elementos cobre e zinco, em que os fertilizantes convencionais apresentaram maiores teores foliares.

Tabela 18: Médias dos teores de micronutrientes foliares (mg.kg^{-1}) nas plantas de café aos 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Rio Paranaíba-MG, 2026.

Tratamento	Teor foliar de micronutrientes				
	Cu	Fe	Mn	Zn	B
	----- mg.kg^{-1} -----				
1- S. Simples	18,75 a	151,75 b	117,25 b	13,25 b	61,75 b
2- MAP	14,75 a	131,25 b	87,75 b	18,75 a	48,5 b
3- FOF 100%	9,46 b	254,53 a	161,63 a	15,40 b	81,39 a
4- FOF 95% + MAP 5%	8,21 b	268,71 a	191,79 a	16,29 b	110,12 a
5- FOF 90% + MAP 10%	8,13 b	312,21 a	136,95 b	14,43 b	88,31 a
CV (%)	27,0	27,42	17,55	12,06	23,58

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott à 5% de probabilidade.

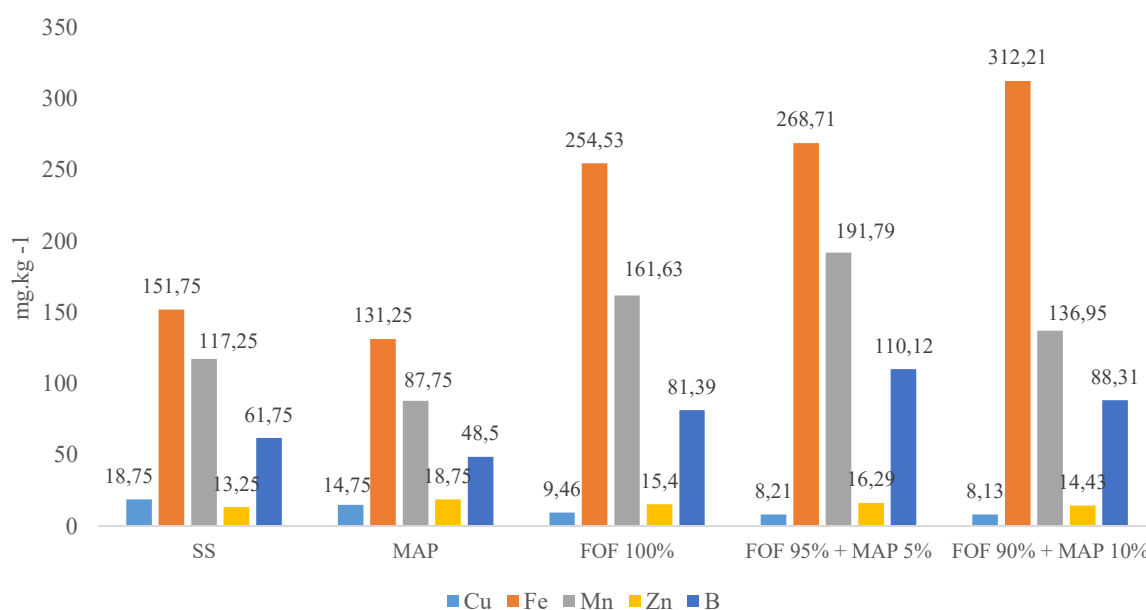


Gráfico 14: Médias dos teores de micronutrientes foliares (mg.kg^{-1}) nas plantas de café aos 210 DAP em função de fontes de P_2O_5 . Rio Paranaíba-MG, 2026.

O teor de fósforo residual no solo não se apresentou como variável significativa, conforme os valores apresentados na tabela 19 e gráfico 14. O aumento dos teores de P residual está associado à ação de compostos orgânicos liberados durante a decomposição da matéria orgânica, que competem com o fósforo pelos sítios de adsorção nos colóides do solo (Fernandes *et al.*, 2015). Esse efeito é mais pronunciado em solos com maior capacidade de adsorção, como

os argilosos e intensamente intemperizados. Por outro lado, solos arenosos e siltosos, especialmente os menos intemperizados, apresentam menor retenção de P, resultando em menor interação com esses sítios de adsorção.

Tabela 19: Médias dos teores de fósforo residual (mg.dm^{-3}) no solo aos 210 DAP do café, em função de fontes de P_2O_5 . Rio Paranaíba-MG, 2026.

Tratamento	Pres 210 DAP ^{ns}
1- S. Simples	15,47
2- MAP	23,2
3- FOF 100%	19,06
4- FOF 95% + MAP 5%	19,58
5- FOF 90% + MAP 10%	23,18
CV (%)	35,79

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott à 5% de probabilidade.

**ns= dado não significativo.

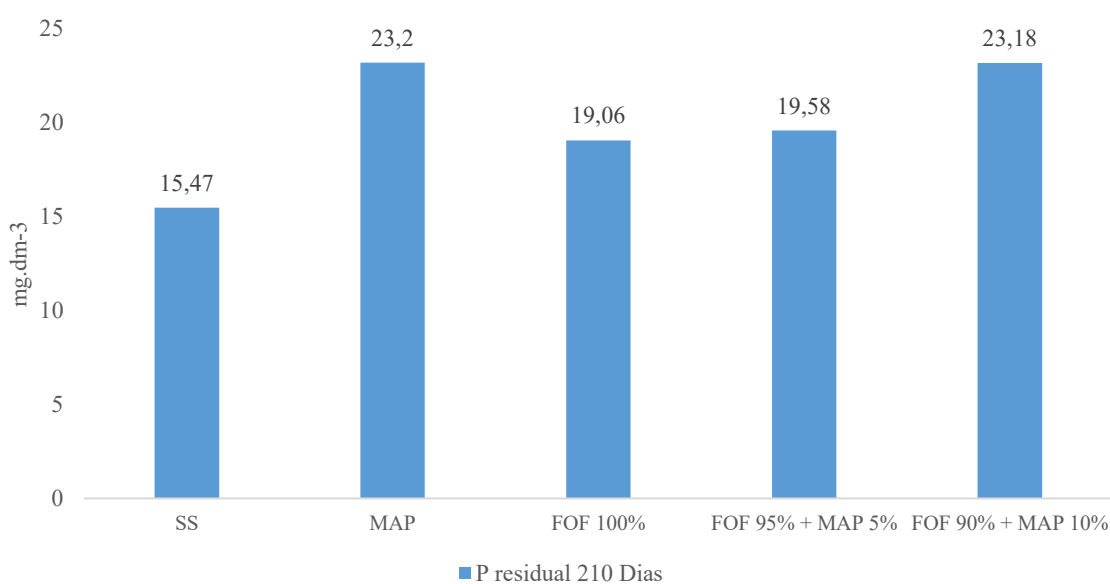


Gráfico 15: Médias dos teores de fósforo residual (mg.dm^{-3}) no solo aos 210 DAP, em função de fontes de P_2O_5 . Rio Paranaíba, 2026.

5 CONCLUSÕES

Em condições de cultivo irrigado em Indianópolis-MG, o fertilizante organofosfatado (FOF), tanto isolado quanto associado ao MAP, demonstrou eficiência agronômica satisfatória, destacando-se pelos maiores teores foliares de índice SPAD aos 210 dias após o plantio (DAP), pelas maiores concentrações foliares de nitrogênio, enxofre e potássio, além de configurar entre os tratamentos com maiores valores de fósforo residual no solo. O MAP, por sua vez, proporcionou o maior número de folhas aos 210 DAP, enquanto o superfosfato simples destacou-se pela maior altura de plantas aos 90 DAP e pelos maiores teores de fósforo residual no solo. O diâmetro de caule não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos avaliados.

Em Rio Paranaíba-MG (ambiente de sequeiro), mesmo sob condições de menor disponibilidade hídrica, o FOF apresentou desempenho satisfatório, destacando-se pelo índice SPAD quando associado a 5% de MAP, apesar de ter registrado a menor altura de plantas ao final do experimento, e pelos maiores teores foliares de N, S e Mg aos 210 DAP quando aplicado de forma individual. Os fertilizantes convencionais MAP e superfosfato simples, por sua vez, destacaram-se entre os maiores valores para número de folhas e diâmetro de caule aos 210 DAP, respectivamente. Quanto ao fósforo residual no solo, não foram observadas diferenças significativas entre as fontes avaliadas.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, Célio S. N. **Monitoramento do cafeeiro**. 33. ed. Campinas: Bragantia, junho 1962. v. 21
- ARAUJO, N. O. de. **Crescimento vegetativo e índice de clorofila de cafeeiros em função de doses de fertilizante organomineral e mineral**. Monte Carmelho- MG: Universidade Federal de Uberlândia, 2024.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; BORTOLINI, C. G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, p. 715-722, 2001. DOI: 10.1590/S0103-84782001000400027
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Nacional de Fertilizantes 2050**. Brasília: MAPA, 2022. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2022/03/plano-nacional-de-fertilizantes-brasil-2050.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2026.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa nº 61, de 8 de julho de 2020**. Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 15 jul. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-61-de-8-7-2020-organicos-e-biofertilizantes-dou-15-7-20.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2026.
- BRESSAN, D. F. **Água de reuso e seu efeito sobre parâmetros fisiológicos em manjerição (Ocimum basilicum L.)**. 2015. 149 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2015.
- BRITO, R. S.; BATISTA, J. F.; MOREIRA, J. G. V.; MORAES, K. N. O.; SILVA, S. O. Rochagem na agricultura: importância e vantagens para adubação complementar. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, Rio Branco, v. 6, n. 1, p. 528-540, 2019. ISSN 2446-4821.
- CAIXETA, E. T.; FRANZIN, M. L.; FERRÃO, M. A. G.; QUEIROZ, R. B.; ZAMBOLIM, L.; CARVALHO, C. H. S. de; OLIVEIRA, A. C. B. de. **Manejo integrado de pragas e doenças dos cafés conilon e robusta**. Circular Técnica 9. Brasília-DF: Embrapa Café, 2024.
- CANDIDO, A. de O. *et al.* Fertilizantes organominerais no desenvolvimento inicial do cafeeiro arábica. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 8., 2013, Salvador, BA. **Anais**. Brasília, DF: Embrapa Café, 2013. 4 p. Disponível em: SBICafé – Repositório do trabalho. Acesso em: 3 jul. 2026.
- CANDIDO, A. O. **Desenvolvimento inicial do cafeeiro arábica sob fontes de fósforo**. Alegre-ES: Universidade Federal do Espírito Santo, 2013.
- CARMO, D. L. et al. Crescimento de mudas de cafeeiro recém-plantadas: efeito de fontes e doses de fósforo. **Coffee Science**, v. 9, n. 2, p. 196-206, 2014.

CARVALHO, A. C. Panorama e importância econômica do café no mercado internacional de commodities agrícolas: uma análise espectral. **Agroecossistemas**, v. 9, n. 2, p. 223-249, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.18542/ragros.v9i2.5003>. Disponível em: <https://repositorio.ufpa.br/handle/2011/15203>. Acesso em: 22 jun. 2026.

CHÁVEZ, P. C. *et al.* Fertilización organomineral en el manejo sostenible de tierras cultivadas con maíz (*Zea mays* L.). **Revista Científica Agroecossistemas**, v. 7, p. 116-122, 2019.

CHITOLINA, J. C. *et al.* Amostragem de solo para análises de fertilidade, de manejo e de contaminação. In: DA SILVA, F. C. (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Solos, 2009.

COELHO, G.; DA SILVA, A. M. O efeito da época de irrigação e de parcelamentos de adubação sobre a produtividade do cafeeiro em três safras consecutivas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 2, p. 400-408, 2005.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de café**. Brasília, DF: Conab, 2014-. Publicação quadrimestral. ISSN 2318-7913. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 3 jul. 2026.

COSTA, W. M. Relação entre grau de resistência a *Hemileia vastatrix* e produtividade no café Icatu. **Bragantia**, 1978.

FERNANDES, A. L. T. *et al.* Adubação orgânica e organomineral do cafeeiro irrigado por gotejamento. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. Supl. 1, p. 1-14, 2021.

FERNANDES, D. M.; GROHSCOPF, M. A.; GOMES, E. R.; FERREIRA, N. R.; BÜLL, L. T. Fósforo na solução do solo em resposta à aplicação de fertilizantes fluidos mineral e organomineral. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 14-27, 2015. DOI: 10.15809/irriga.2015v1n1p14

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

FERRAZ, J. M. G. **Agroecologia**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/web/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agricultura-e-meio-ambiente/politicas/agroecologia>. Acesso em: 31 jul. 2026.

FRANCO JÚNIOR, K. S.; DIAS, M. de S.; RIBEIRO, V. M. Disponibilidade de fósforo no solo em semanas sob diferentes fontes. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 10, p. e87131047154, 2024.

GLOBALFERT. **Importação de fertilizantes no Brasil em 2025: volumes recordes em um ambiente de preços mais elevados**. GlobalFert, 19 jan. 2026. Disponível em: <https://globalfert.com.br/noticias/mercado/importacao-de-fertilizantes-no-brasil-em-2025-volumes-recordes-em-um-ambiente-de-precos-mais-elevados/>. Acesso em: 22 de junho de 2026.

GODOY, L. J. G. de; SANTOS, T. S.; VILLAS BÔAS, R. L.; LEITE JÚNIOR, J. B. Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em nitrogênio durante o ciclo do cafeeiro

fertirrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 217-226, 2008. DOI: 10.1590/S0100-06832008000100021

GUARÇONI, A.; SOARES DE SOUZA, G.; DE SÁ PAYE, H. Representatividade da amostra de solo de acordo com o volume coletado em lavoura de café arábica. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n. 3, p. 69-78, 2019.

INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Café Conilon**. 2. ed. Vitória-ES: INCAPER, 2017.

MARRA, M. P. **Fontes de P de contrastantes solubilidades e formas de aplicação no crescimento inicial do cafeeiro**. Uberlândia-MG: Universidade Federal de Uberlândia, 2021.

MARTINEZ, H. E. P.; NEVES, J. C. L. Nutrição mineral do cafeeiro. In: SAKIYAMA, N. S.; MARTINEZ, H. E. P.; TOMAZ, M. A.; BORÉM, A. (Org.). **Café arábica: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. p. 64-103.

MARTINS, D. C. **Adubação fosfatada organomineral no cultivo de grãos em solos de fertilidade construída**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2018.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3. ed. London: Academic Press, 2012. Disponível em: https://home.czu.cz/storage/737/65060_Mineral-Nutrition-of-higher-plants-Marschner-2012.pdf. Acesso em: 07 maio 2026.

MESQUITA, C. M. *et al.* **Manual do café: Manejo de Cafezais Em Produção**. Belo Horizonte- MG: EMATER, 2016.

MOTA, R. P. da. **FERTILIZANTES ESPECIAIS NA CULTURA DO CAFEIEIRO (Coffea arábica L.)**. Uberlândia-MG: Universidade Federal de Uberlândia, 2023.

MATIELLO, J. B. *et al.* Manejo dos Cafezais. In: **Cultura de Café no Brasil**. Varginha-MG: Fundação Procafé, 2016. p. 179–468.

NAVA, G. Uso de fosfato natural Gafsa e cama de aviário em sistema orgânico de produção de batata. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 2, p. 88–94, 2017.

NEGREIROS, F. S. *et al.* Manejo de adubação mineral e organomineral em milho doce, com e sem ácido úmico e fúlvico. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 17, n. 7, p. e8184, 2024.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v. 1, 1017 p.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399 p.

OLIVEIRA, J. G. A. de; REIS, H. S. dos; ARAÚJO, J. F.; BOMFIM, L. S. V.; BARBOSA, A. C. F. Biodiversidade e a revitalização dos solos – da ação microbiológica à adição de nutrientes para remineralização. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 35, e70819, 2025. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509870819>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/70819>. Acesso em: 31 jul. 2026.

PAIVA, C. R. **Fertilidade do solo, teores foliares de nutrientes e crescimento vegetativo de cafeeiros em função de fontes de fósforo**. Monte Carmelho-MG: Universidade Federal de Uberlândia, 2022.

PAULO, E. M.; FURLANI JÚNIOR, E.; FAZUOLI, L. C. Comportamento de cultivares de cafeeiro em diferentes densidades de plantio. **Bragantia**, v. 64, n. 3, p. 397-409, 2005. DOI: 10.1590/S0006-87052005000300009.

PEREIRA, L. B.; ARF, O.; SANTOS, N. C. B. dos; OLIVEIRA, A. E. Z. de; KOMURO, L. K. Manejo da adubação na cultura do feijão em sistema de produção orgânico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 1, p. 29-38, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4528018>.

QUEIROZ, R. E. M. de. *et al.* Eficiência agronômica do fertilizante Equale associado a *Bacillus aryabhattai* no desenvolvimento inicial da cultura do milho. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, v. 18, p. 01–35, 2025.

QUEIROZ, R. E. M. de. *et al.* Eficiência agronômica do fertilizante Equale na cultura do feijoeiro. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, v. 18, n. 5, p. e18149, 2025.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres/POTAFOS, 1991. 343 p.

RECOLAST (Brasil). **Biodigestor para suínos**. 2022. Disponível em: <https://www.recolast.com.br/biodigestor-suinos/>. Acesso em: 15 jun. 2026.

RESENDE, A. V.; NETO, A. E. F. **Aspectos relacionados ao manejo da adubação fosfatada em solos do Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. 32 p. (Documentos, 195; ISSN 1517-5111). Disponível em: infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/572251/1/doc195.pdf. Acesso em: 10 jun 2026.

REZENDE, L. S. de. **Metodologias de mensuração de área foliar e crescimento inicial de mudas de *Copaifera langsdorffii* Desf. sob diferentes disponibilidades luminosas**. Dourados-MS: Universidade Federal da Grande Dourados, 2018.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **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. 359 p.

SENAR. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Café: controle de pragas, doenças e plantas daninhas**. 1. ed. Brasília, DF: SENAR, 2017. 71 p. ISBN 978-85-7664-151-3. Disponível em: [Portal CNA Brasil – Cartilha Café: controle de pragas, doenças e plantas daninhas](https://portal.cna.brasil-brasil.com.br/Cartilha_Caf%C3%A9:_controle_de_pragas,_doen%C3%A7as_e_plantas_daninhas). Acesso em: 3 jul. 2026.

SEVERINO, L. S.; SAKIYAMA, N. S.; PEREIRA, A. A.; MIRANDA, G. V.; ZAMBOLIM, L.; BARROS, U. V. Relationship of productivity to other agronomic characteristics of coffee tree (*Coffea arabica* L. "Catimor"). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 24, p. 1467-1471, 2008. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v24i0.2405>

SILVA, C. A. da; TEODORO, R. E. F.; DE MELO, B. Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 3, p. 387-394, 2008.

SILVA, F. M. *et al.* Variabilidade espacial de atributos químicos e produtividade da cultura do café em duas safras. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 231-241, 2008.

SILVA, R. M. de O.; RECH, I.; FRANÇA, A. A. de; SCHIAVINI, J. de A.; PIRES, C. de A.; BALIEIRO, F. C.; POLIDORO, J. C.; CAMPOS, D. V. B. de. Liberação de fósforo de fertilizantes organominerais e sua influência na fertilidade do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 29., 2010, Guarapari, ES. **Anais...** Guarapari, ES: SBCS/FertBio, 2010. 1 CD-ROM.

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S. Avaliação da variabilidade do estado nutricional e produtividade de café por meio da análise de componentes principais e geoestatística. **Revista Ceres**, v. 59, n. 2, p. 271-277, 2012.

SIQUEIRA, H. *et al.* Densidade de plantio, poda dos primeiros ramos e produção de duas cultivares de café e do híbrido "Icatu". **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p. 763-769, 1983.

SOUSA, R. T. X. de. **Fertilizantes fosfatados para a cana-de-açúcar aplicados em pré-plantio (fosfatagem)**. Uberlândia-MG: Universidade Federal de Uberlândia, 2011.

TIRITAN, C. S.; SANTOS, D. H.; BORDINI, R. A.; FOLONI, J. S. S.; ONISHI, R. Y. Produção de matéria seca de milho em função da adubação fosfatada mineral e organomineral. **Colloquium Agrariae**, v. 6, n. 1, p. 1-7, 2010.

TORRES, D. M. S. V. **Residual de nutrientes no solo com fertilizante organomineral após cultivo de hortaliças**. Uberlândia-MG: Universidade Federal de Uberlândia, 2019.

VALADARES, S. V. *et al.* Produtividade e bienalidade da produção de cafezais adensados, sob diferentes doses de N e K. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 3, p. 296-303, 2013.

VENTURA, J. A.; COSTA, H.; LIMA, I. M. Manejo das doenças do cafeeiro conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. (Org.). **Café conilon**. 2. ed. atual. ampl. Vitória: Incaper, 2017. p. 435-479.

YANG, S.; ZHANG, Z.; CONG, L.; WANG, X.; SHI, S. Effect of fulvic acid on the phosphorus availability in acid soil. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 13, n. 3, p. 526-533, 2013. DOI: 10.4067/S0718-95162013005000041

ZILLI, J. B.; LEITE, B. Z. Fertilizantes: dependência externa e impacto produtivo. In: INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Brasil em desenvolvimento 2022: estado, planejamento e políticas públicas**. Brasília: IPEA, 2022. cap. 5. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/9b8702ea-caa4-4570-9a8a-3149807498fa/content>. Acesso em: 3 jul. 2026.

ZONTA, E.; STAFANATO, J. B.; PEREIRA, M. G. Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais. In: BORGES, A. L. (Org.). **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 263-303.