

Desenvolvimento inicial do cafeeiro submetido a diferentes fontes e doses de fertilizantes fosfatados com tecnologia de liberação

Initial development of coffee plants subjected to different sources and doses of phosphate fertilizers with release technology

LUÍS EDUARDO DIAS VAZ

Discente do curso de Agronomia (UNIPAM)

E-mail: luiseduardo@unipam.edu.br

CARLOS HENRIQUE EITERER DE SOUZA

Docente do curso de Agronomia (UNIPAM)

E-mail: carloshenrique@unipam.edu.br

Resumo: Um dos mais relevantes fatores que promove o desenvolvimento das mudas de café é a adubação fosfatada. Diversas estratégias têm sido utilizadas para aumentar a eficiência dessa adubação, com destaque para os fertilizantes com tecnologia de liberação. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar o desenvolvimento inicial do cafeeiro submetido a doses e fontes fosfatadas com tecnologias de liberação. O delineamento utilizado foi o DBC, montado em esquema fatorial $4 \times 4 + 1$, sendo quatro fontes fosfatadas e quatro doses (40, 80, 160, 320 mg/dm³ de P₂O₅) e três repetições. Foram avaliados o fósforo foliar, o volume de raiz, a massa seca da parte aérea, a massa seca das raízes, a altura de planta e o diâmetro de caule. Após 120 dias, concluiu-se que, para todos os parâmetros avaliados, não houve diferença significativa para as fontes, somente para as doses. As variáveis avaliadas apresentaram uma resposta quadrática específica para cada dose.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L. Fósforo. Quadrática.

Abstract: One of the most relevant factors that promote the development of coffee seedlings is phosphate fertilization. Several strategies have been used to increase the efficiency of this fertilization, especially fertilizers with release technology. The objective of this study was to evaluate the initial development of coffee trees submitted to doses and sources of phosphate with release technologies. A DBC design was used in a $4 \times 4 + 1$ factorial scheme, with four phosphate sources and four doses (40, 80, 160, 320 mg/dm³ de P₂O₅) and three repetitions. Leaf phosphorus, root volume, aboveground dry mass, root dry mass, plant height and stem diameter were evaluated. After 120 days, it was concluded that, for all parameters evaluated, there was no significant difference for the sources, only for the doses. The variables evaluated presented a specific quadratic response for each dose.

Keywords: *Coffea arabica* L. Phosphorus. Quadratic.

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura se destaca pela sua influência na economia do Brasil e do Mundo (XIMENES, 2006). Essa cultura é geradora de muitos empregos diretos e indiretos (NOGUEIRA *et al.*, 2009), além de ser responsável por boa parte das exportações brasileiras. O Brasil contribui com 24% das exportações mundiais de café, sendo o maior produtor e exportador dessa *commodity* (FURLANI JUNIOR *et al.*, 2007). A área plantada de café arábica (*Coffea arábica* L.) nessa safra no país gira em torno de 1.806,6 mil hectares, com estimativa de produtividade para o ano de 2021, com ciclo de bialidade negativa, de 23 scs/ha. (CONAB, 2021).

Segundo a Embrapa Solos (2002), os solos brasileiros, em geral, apresentam baixa fertilidade natural. Aliada à alta produtividade, faz-se necessária a reposição dos nutrientes exportados pela cultura do café (EFFGEN *et al.*, 2008). Um desses nutrientes é o Fósforo (P), elemento de grande importância para o metabolismo das plantas, sendo requisitado principalmente nas fases iniciais do ciclo de vida dos vegetais (NOVAIS *et al.*, 2007). A grande resposta das plantas à nutrição fosfatada no estágio inicial pode estar relacionada ao papel do P na síntese de proteínas, por constituir nucleoproteínas necessárias à divisão celular, atuar no processo de absorção iônica, além de ser importante no desenvolvimento do sistema radicular (MALAVOLTA, 1980).

No entanto, o conteúdo de P no cafeeiro é relativamente pequeno, sendo necessária a utilização de doses excessivas de fertilizantes fosfatados nos sulcos de plantio no início de seu desenvolvimento. A disponibilidade de P é reduzida pela fixação ao ferro, ao alumínio e ao cálcio, que o insolubilizam, reduzindo sua difusão até as raízes, que são pequenas em sua fase inicial, dificultando a sua absorção (MALAVOLTA, 1980).

Na ausência desse nutriente, o sistema radicular, ainda pouco desenvolvido, tem menor emissão de raízes secundárias para absorver P, o que certamente prejudica o desenvolvimento da planta (GRANT *et al.*, 2001). Com o crescimento radicular, aumenta-se o volume de solo explorado; além disso, as associações micorrízicas podem contribuir para a ampliação da capacidade de absorção de P pela planta, resultando no desenvolvimento de mudas de alta qualidade (SAGGIN-JÚNIOR *et al.*, 1994; SAGGIN-JÚNIOR; SIQUEIRA, 1995).

O objetivo do trabalho foi avaliar o desenvolvimento inicial do cafeeiro submetido a doses e fontes fosfatadas com tecnologias de liberação.

2 METODOLOGIA

O experimento foi montado em vasos e instalado em casa de vegetação, no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), localizado no município de Patos de Minas, MG. No experimento, foi utilizada uma amostra de solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2013), coletado na profundidade de 0-20 cm. Essa amostra foi submetida à caracterização química e física, seguindo a metodologia proposta por Van Raij *et al.* (2011), apresentando os seguintes resultados (Tabela 1).

Tabela 1: Caracterização química do solo utilizado para instalação do experimento

Profundidade	pH	H+Al	Al	Ca	Mg	K	P	P-rem	CTC	V	MO
cm	H ₂ O		cmol _c dm ⁻³			mg dm ⁻³		mg L ⁻¹	cmol _c dm ³	%	dag kg ⁻¹
0-20	5,73	2,30	0,03	3,80	4,90	132,94	33,05	18,34	11,34	79,72	1,45

Extratores: pH em água, K e P-assimilável por Mehlich1, P-remanescente por solução equilíbrio (CaCl₂ + KH₂PO₄), teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ trocáveis extraídos por KCl; acidez potencial por Acetato de Cálcio; matéria orgânica total (MOS) por titulometria.

Fonte: dados da pesquisa, 2020.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso (DBC), montado em esquema fatorial 4 x 4 + 1 sem aplicação de P, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por quatro fontes fosfatadas, sendo MAP CONVENCIONAL, MAP POLIMERIZADO, MAP AVAIL e fonte organomineral (FOM), aplicados em quatro doses de 40, 80, 160, 320 mg/dm³ de P₂O₅. A parcela experimental foi composta por um vaso plástico com volume total de 5 dm³, com uma muda de cafeeiro por vaso, utilizando a cultivar *Coffea arabica* L. cv. Acaia IAC 474-19.

Após a caracterização química do solo, a saturação por bases foi elevada para 60% (GUIMARÃES *et al.*, 1999), sendo o calcário incorporado ao solo úmido, sob lona, e feita a incubação por um período de 60 dias. Passado esse período, o solo foi seco ao ar livre e passado em peneira de 2 mm, com a finalidade de padronizar os tamanhos das partículas. Posteriormente, os vasos foram preenchidos com o solo e neles aplicados os fertilizantes respectivos a cada tratamento, seguindo a recomendação de Guimarães *et al.* (1999). Ao longo do experimento, os vasos foram mantidos com uma capacidade de campo de 60%.

O experimento teve duração de quatro meses; ao final dele, foi avaliada a altura de planta (AP) e o diâmetro de caule (DC). Para realizar a avaliação de altura de planta, foi utilizada uma fita métrica graduada em centímetros, medindo do colo da planta até o ápice. Para avaliação de diâmetro de caule, foi utilizado um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, medindo o caule abaixo do primeiro par de folhas. Ao final do experimento, também foram avaliados fósforo foliar (PF), volume radicular (VR), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR).

Para essas avaliações, as plantas foram retiradas dos vasos e separadas em parte aéreas e sistema radicular. Para a avaliação de volume radicular, as raízes foram lavadas com auxílio de jatos de água para a retirada das partículas de solo. Posteriormente, o volume radicular foi avaliado, utilizando-se duas provetas com volume de um litro cada uma; toda a raiz foi adicionada em uma das provetas. Com auxílio da outra proveta aferida com um litro de água, foi adicionada água na proveta contendo a raiz. Dessa forma, o volume em mL remanescente na proveta foi o volume da raiz em cm³. Para as avaliações de MSPA e MSR, as plantas foram separadas em folhas, caule e raiz. Após a separação, as partes vegetais foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para a estufa de circulação de ar forçada, a 75 °C, até atingirem massa constante. Após a secagem, as amostras foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,01 g.

As amostras de MSPA e MSR foram utilizadas para a quantificação do teor de P contido em cada parte da planta. Para isso, as amostras foram moídas em moinho de facas do tipo Willey; após isso, foi feita a quantificação do teor de P contido nas amostras

pelo método de colorimetria amarelo de vanadato, em espectrofotômetro calibrado a um comprimento de onda de 420 nm (SILVA, 2009).

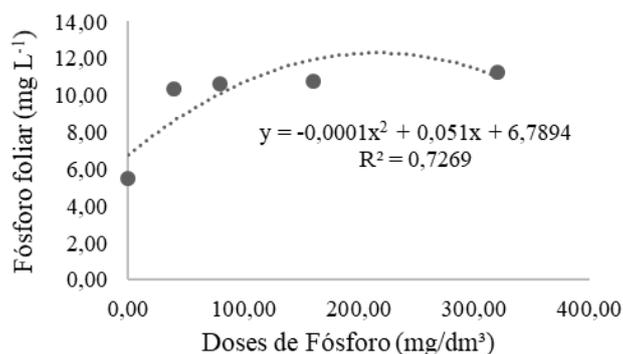
As médias foram submetidas à análise de variância e comparadas pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade para fontes e regressão para doses de P_2O_5 (FERREIRA, 2010).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os efeitos da pandemia do COVID-19 influenciaram diretamente nos resultados do experimento, pois causaram a montagem tardia do experimento e a impossibilidade de irrigação e aplicações de adubações complementares e de fungicidas em períodos posteriores. Com as altas temperaturas da casa de vegetação e a falta de molhamento dos cafeeiros, as mudas murcharam várias vezes, causando perda na qualidade delas, o que influenciou totalmente os resultados do experimento.

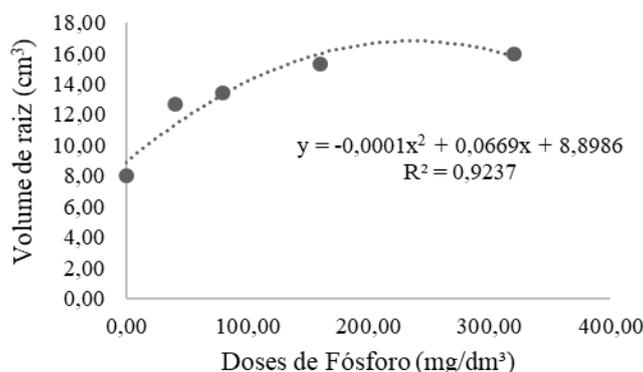
O teor de fósforo foliar (Figura 1), o volume de raiz (Figura 2), a massa seca de parte aérea (Figura 3), a massa seca de raiz (Figura 4), a altura de planta (Figura 5) e o diâmetro de caule (Figura 6) foram significativamente influenciados apenas pelas doses de fósforo.

Figura 1: Teor de fósforo foliar em resposta às doses de fósforo



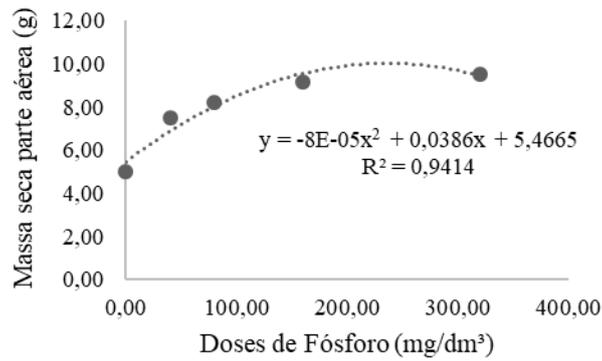
Fonte: dados da pesquisa.

Figura 2: Volume de raiz em resposta às doses de fósforo



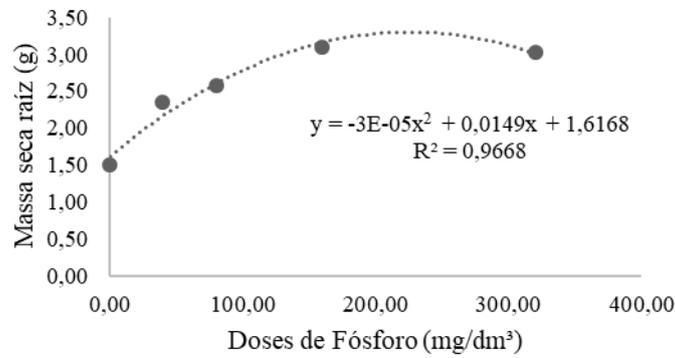
Fonte: dados da pesquisa.

Figura 3: Massa seca de parte aérea em resposta às doses de fósforo



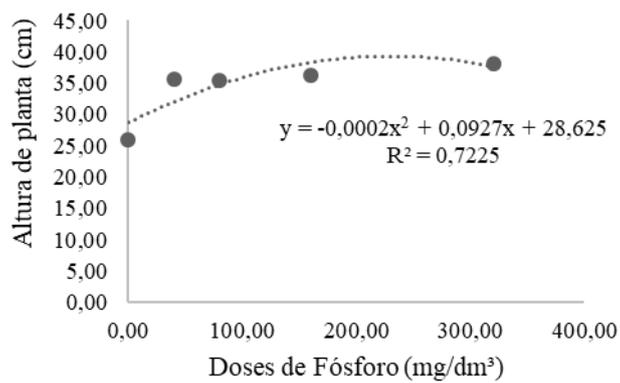
Fonte: dados da pesquisa.

Figura 4: Massa seca de raiz em resposta às doses de fósforo



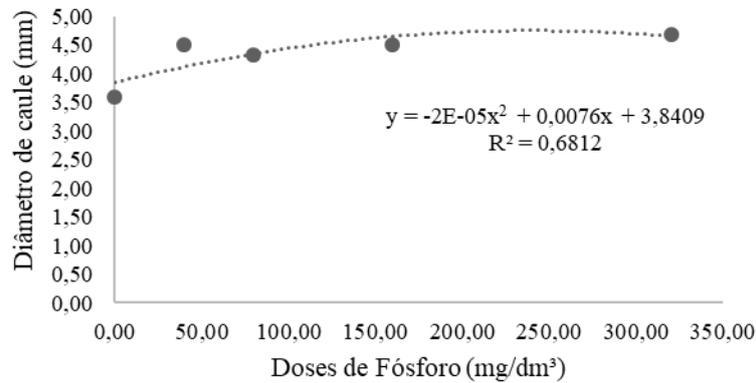
Fonte: dados da pesquisa.

Figura 5: Altura de planta em resposta às doses de fósforo



Fonte: dados da pesquisa.

Figura 6: Diâmetro de caule em resposta às doses de fósforo



Fonte: dados da pesquisa.

Todos os parâmetros avaliados apresentaram resposta quadrática, sendo que o aumento das dosagens de fósforo alcançou um ponto de máxima eficiência. A partir desse ponto, reduziu-se a eficiência de sua utilização, o que é coerente com a “Lei dos Incrementos Decrescentes”.

O teor P nas folhas do cafeeiro não diferiu significativamente entre as doses P_2O_5 , sendo significativa somente se comparado à dose 0 de fósforo. O maior acúmulo de P nas folhas do cafeeiro aconteceu no ponto de máxima eficiência, na dosagem de 215,87 mg/dm³ de P_2O_5 , alcançando 12,30 mg/L⁻¹ de fósforo foliar (Figura 1).

Os dados encontrados para PF corroboram os resultados de Silveira (2015), que, avaliando as características de crescimento, fisiológicas e nutricionais e a eficiência agrônômica da adubação fosfatada de plantas de café, encontrou resultados semelhantes para essa variável, obtendo resultado próximo, na dosagem de 1430 mg/dm³ de P_2O_5 , alcançando 10,50 mg/L⁻¹ de fosforo foliar.

A dosagem de 251,46 mg/dm³ de P_2O_5 proporcionou aumento na variável VR, alcançando 16,27 cm³ de volume radicular (Figura 2). O sistema radicular é considerado fator de grande importância na produção, pois um sistema radicular vigoroso pode explorar maior volume de solo e absorver mais água e nutrientes e, assim, influenciar positivamente a produtividade (FAGERIA, 1998).

Nota-se que as raízes não se desenvolveram bem na ausência de fósforo (Figura 2) e podem ter-se acumulado nas faixas que apresentavam maior disponibilidade desse nutriente. De acordo com Drew (1975), as raízes crescem preferencialmente nas regiões que contêm concentrações altas e favoráveis de nutrientes, destacando-se o maior efeito do P no crescimento das raízes.

O aumento das doses de fósforo promoveu a elevação nos teores de MSPA e MSR, que alcançaram pontos de máxima eficiência nas dosagens de 235,05 e 226,68 mg/dm³ de P_2O_5 , respectivamente, obtendo um valor máximo de 10,01 e 3,30 g de matéria seca, respectivamente (Figuras 3 e 4). Segundo Guimarães e Reis (2010), altos níveis de P podem beneficiar a absorção de alguns elementos, como N, P, Ca, Mg, B e Mo. Porém, essas elevadas dosagens podem tornar-se prejudiciais para a aquisição de outros nutrientes, como K, Cu, Fe, Mn e Zn. Essa relação antagônica entre os minerais

compromete o balanço de nutrientes nas plantas, influenciando o crescimento e desenvolvimento delas (SANTINATO *et al.*, 2014).

Observando-se o desempenho da variável AP, nota-se que esta alcançou um ponto máximo de crescimento correspondente à dose de 230,41 mg/dm³ de P₂O₅, atingindo 39,37 cm de altura (Figura 5). Já a variável diâmetro de caule alcançou ponto máximo de crescimento correspondente às doses de 235,47 mg/dm³ de P₂O₅, chegando ao valor de 4,74 mm de diâmetro (Figura 6).

Em trabalho semelhante realizado por Chagas (2016), a altura de plantas aumentou com a adubação fosfatada, alcançando 75,1 cm no ponto de máxima eficiência, com a dose de 960 mg/dm³ de P₂O₅ ao se utilizar adubação fosfatada polimerizada, valores que diferem do presente trabalho, o que pode ser explicado devido às altas temperaturas da casa de vegetação e à ausência de molhamento das plantas em determinado período.

Na variável DC, as mudas não apresentaram diferença significativa em função da aplicação dos fertilizantes fosfatados, diferindo somente da dose 0 (Figura 6). O diâmetro do caule é um dos parâmetros mais significativos para se determinar a qualidade da muda, sendo que maiores valores de DC implicam melhor equilíbrio do crescimento da parte aérea das plantas (GOMES; PAIVA, 2012).

Para Mexal e Lands (1990) e Carneiro (1995), a altura das plantas proporciona uma estimativa do indicador do crescimento inicial e da capacidade de sobrevivência das mudas no campo; quando associada com o diâmetro do caule, estabelece importantes parâmetros morfológicos para se determinar o crescimento das mudas.

Nota-se que, na dose zero de fertilização fosfatada, as variáveis que envolvem o crescimento das plantas (AP, DC, MSR, MSPA e VR) apresentam valores bem abaixo, o que comprova a necessidade de adubação fosfatada para o ótimo desenvolvimento das mudas (MULLER *et al.*, 1997). Em contrapartida, a maior dosagem dos fertilizantes não foi eficiente para que as plantas de café desenvolvessem o seu máximo potencial.

Uma possível razão para o baixo desempenho dos fertilizantes é que o tempo da realização do experimento foi curto. De acordo com Branco (2001), a longo prazo, a reação dos fertilizantes fosfatados é mais eficiente, ocasionando a liberação gradual do fósforo no solo, principalmente se se considerarem os que apresentam tecnologia de liberação, que demandam maior tempo para serem completamente liberados no solo.

Ainda assim, tem-se a possibilidade de o fósforo ficar retido pelos colóides do solo, por um prazo relativamente longo, o que pode ocasionar baixa eficiência na absorção desse nutriente pelas plantas. Em um curto prazo, as fontes de baixa solubilidade não conseguem manter níveis adequados de fósforo para as plantas, devido a sua baixa velocidade inicial de dissolução (MARINHO; ALBUQUERQUE, 1980).

4 CONCLUSÃO

Para todos os parâmetros avaliados, não foram observadas diferenças significativas entre as fontes utilizadas. Somente as doses se mostraram eficazes.

Todos as variáveis analisadas apresentaram resposta quadrática, sendo que o aumento das dosagens de fósforo alcançou um ponto de máxima eficiência específica para cada dose.

REFERÊNCIAS

- BRANCO, S. M.; MURGEL, P. H.; CAVINATTO, V. M. Compostagem: solubilização biológica de rocha fosfática na produção de fertilizante organomineral. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 115-122, 2001.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF/ UENF, 1995.
- CHAGAS, Wantuir Filipe Teixeira *et al.* Eficiência agronômica do superfosfato triplo revestido por polímeros no crescimento inicial do cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 426-434, jul./set. 2016.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: café**, Brasília, v. 8, n. 2, p. 1-63, maio 2021.
- DREW, M. C. Comparison of the effects of a localized supply of phosphate, nitrate, ammonium and potassium on the growth of the seminal root system, and the shoot, in 62 barley. **New Phytologist**. v. 75, n. 3, p. 479-490, 1975.
- EFFGEN, T. A. M.; PASSOS, R. R.; LIMA, J. S. S.; BORGES, E. N; DARDENGO, M C. J. D. REIS, E. F. Atributos químicos do solo e produtividade de lavouras de cafeeiro Conilon submetidas a diferentes tratos culturais no Sul do Estado do Espírito Santo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 7-18, 2008.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Uso Agrícola dos Solos Brasileiros: o recurso natural solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2013. 353 p.
- FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção de culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 6-16, 1998.
- FERREIRA, D. F. **Sisvar: sistema de análise de variância**. Lavras: UFLA, 2010.
- FURLANI JUNIOR, E.; BORGES, W. L. B.; LAZARINI, E.; FAZUOLI, L. C.; ANDREOTTI, M. Avaliação de cultivares de café arábica em região marginal. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, n. 2, p. 197-203, 2007.
- GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa: Editora UFV, 2012.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMAIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, v. 95, p. 1-16, 2001.

GUIMARÃES, P. T. G. *et al.* Cafeeiro. *In*: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZVENEGAS, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 289-302.

GUIMARÃES, P. T. G.; REIS, T. H. P. Nutrição e adubação do cafeeiro. *In*: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. da (Ed.). **Café arábica do plantio à colheita**. Lavras: Epamig, 2010.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980.

MARINHO, M. L.; ALBUQUERQUE, G. A. C. Resposta da cana-de-açúcar a níveis de P e correlação com análise foliar. *In*: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 1., 1979, Maceió. **Anais[...]**. Maceió: STAB, 1980. v. 2, p. 328-333.

MEXAL, J. L.; LANDS, T. D. Target seedling concepts: height and diameter. *In*: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICAL REPORT RM-200, 1990, Roseburg. **Proceedings[...]**. Fort Collins: United States Department of Agriculture; Forest Service, 1990. p. 17-35.

MÜLLER, M. L.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, E. P. Produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Mundo Novo em tubetes. **Revista Unimar**, v. 19, n. 3, p. 777-786, 1997.

NOGUEIRA, N. O.; MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A.; ANDRADE, F. V.; CANDIDO, A. O.; DONAGEMMA, G. K. Avaliação do desenvolvimento de raízes de café arábica submetidos a diferentes materiais corretivos de solo. *In*: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória - ES. **Anais[...]**. Brasília: Embrapa Café, 2009. p. 1-5.

NOVAIS, R. F., SMYTH, T. J., NUNES, F. N. Fósforo. *In*: NOVAIS, R. F., ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 276-374.

SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O. Avaliação da eficiência simbiótica de fungos endomicorrízicos para o cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 19, p. 221-228, 1995.

SAGGIN-JÚNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O.; GUIMARÃES, P. T. G.; OLIVEIRA, E. Interação fungos micorrízicos versus superfosfato e seus efeitos no crescimento e teores de nutrientes do cafeeiro em solo não fumigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 27-36, 1994.

SANTINATO, F.; CAIONE, G.; TAVARES, T. O.; PRADO, R. D. M. Doses of phosphorus associated with nitrogen on development of coffee seedlings. **Coffee Science**, v. 9, n. 3, p. 419-426, 2014.

SILVA, F. C. (Org.). **Manual de análises químicas de solos plantas e fertilizantes**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2009.

SILVEIRA, Oliveira *et al.* Características de crescimento, fisiológicas, nutricionais e eficiência agronômica da adubação fosfatada de plantas de café. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35., 2015, Natal. **Resumo**. Disponível em: <https://www.eventosolos.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/994.pdf>.

VAN RAIJ, B.; ANDRADE, J. C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Ed.) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2011.

XIMENES, F. T. D. **Análise da coordenação da cadeia agroindustrial orientada pela qualidade o caso Illy café**. 2006. 113 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.