

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO SUL DE MINAS GERAIS – CAMPUS
MUZAMBINHO

Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura

MARCOS RODRIGO LEITE

**EFEITOS DE DIFERENTES DOSAGENS DE FÓSFORO NO
CRESCIMENTO VEGETATIVO DE CAFEEIROS (*Coffea
arábica L.*) NA REGIÃO DE MONTE BELO – MG.**

MUZAMBINHO

2010

MARCOS RODRIGO LEITE

**EFEITOS DE DIFERENTES DOSAGENS DE FÓSFORO NO
CRESCIMENTO VEGETATIVO DE CAFEEIROS (*Coffea
arábica L.*) NA REGIÃO DE MONTE BELO – MG.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Campus Muzambinho, como requisito para a obtenção do título de Tecnólogo em Cafeicultura.

Orientador: Prof^o Dr. Felipe Campos Figueiredo.

MUZAMBINHO

2010

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Felipe Campos Figueiredo (orientador)

Prof. Celso Antônio Spaggiari Souza

Prof. Me. Luis Augusto Gratieri

Muzambinho, 23 de Junho de 2010.

DEDICATÓRIA

À minha família e a todos que me ajudaram a alcançar este degrau.

AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar e a Nossa Senhora, que me deu capacidade e forças para completar esta etapa de minha vida.

Aos meus pais, Natalício e Navani, que me deram ensinamentos, todos eles adquiridos através de seus exemplos. Agradeço também pelo apoio, esforço, alegria, entusiasmo e pelo amor que têm me proporcionado durante o percurso de minha vida.

Aos meus irmãos Joceley (Nenê) e Paulo que sempre me incentivaram e me ajudaram nesta caminhada.

Aos meus amigos André, Cíntia, Marília e Luana que me ajudaram no desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos de classe, pelo companheirismo ao longo destes três anos de convivência.

Aos meus amigos de república (Guilherme, Rômulo, André), que passaram a maior parte do tempo em Muzambinho do meu lado, em meio a festas, me ajudaram bastante também.

À não menos importante minha amiga Geruza, que me ajudou na formatação desse trabalho e em várias outras coisas no curso.

Ao meu orientador, professor Felipe Campos e ao professor Luiz Augusto Gratieri, pela prestatividade na construção deste trabalho e por todo conhecimento transmitido. Ao professor Celso Antônio, por aceitar participar da minha banca.

Aos professores do Curso de Cafeicultura, pelo empenho durante o curso e por todo ensinamento transmitido.

E a todos do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - Campus Muzambinho.

Muito obrigado.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
INTRODUÇÃO.....	13
2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1. Característica do Cafeeiro.....	14
2.2. Importância da cafeicultura no Brasil e no mundo.....	14
2.3. Fósforo.....	15
2.4. Ação do Fósforo no Solo.....	16
2.5. Fontes de Fósforo e Adubação Fosfatada.....	20
2.6. Crescimento Vegetativo.....	22
2.7. Influência mútua de um elemento sobre a ação de outro.....	23
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
5. CONCLUSÃO.....	31
6. BIBLIOGRAFIA.....	31

LEITE, MARCOS RODRIGO. **Efeito de diferentes dosagens fósforo no crescimento vegetativo de cafeeiros (*coffea arabica l.*) na região de Monte Belo – MG.** Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Muzambinho, Muzambinho, 2010.

Resumo

O trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito de altas doses de fósforo no crescimento vegetativo dos ramos plagiotrópicos. O experimento foi implantado no Sítio Cachoeira, localizado no Município de Monte Belo, Minas Gerais em agosto de 2007 numa área cultivada com a variedade Rubi MG-1192 com seis anos de idade, 2778 plantas ha⁻¹, dispostas no espaçamento 3,0 m x 1,20 m num Latossolo Vermelho distroférico. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro blocos e sete doses: 0, 25, 50, 100, 200, 400, 800 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Foram realizadas avaliações do crescimento vegetativo de ramos 18 ramos plagiotrópicos de cada parcela. O crescimento vegetativo foi determinado nos ramos plagiotrópicos e expressados pelo número de internódios dos ramos principais, números de internódios de ramos secundários, número total de internódios, comprimento médio de ramos principais, comprimento médio de ramos secundários, número de ramificações. As doses de fósforo influenciaram somente os números totais e principais de ramos plagiotrópicos onde, na dose de 268 kg ha⁻¹ e 359 kg ha⁻¹ respectivamente, foram observados os maiores crescimentos. Isso indica que altas dosagens de P₂O₅ influenciam, no crescimento vegetativo do cafeeiro *Coffea Arábica L.*

Palavras-chave: adubação fosfatada, superfosfato simples, internódios.

LEITE, MARCOS RODRIGO. **Effect of different phosphorus doses on vegetative growth of coffee plants (*Coffea arabica* L.) in the region of Monte Belo - MG.** Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Muzambinho, Muzambinho, 2010.

Abstract: The work had the objective of evaluating the effect of phosphate high dosage in the vegetative growth of the plagiotrópics. The experiment was implanted in Cochoeira Site located in the Monte Belo Municipal district, Minas Gerais in August of 2007 in an area cultivated with the variety Rubi MG-1192 with 6 age years, 2778 plants have-1, disposed in the spacing 3,0 m x 1,20 m about Red Latossol distroférico. The used design experimental was in blocks, with 4 blocks and 7 doses: 0, 25, 50, 100, 200, 400, 800 plant⁻¹ of P₂O₅. Evaluations of the vegetative growth of branches 18 plagiotropics branches each portion were accomplished. The vegetative growth was certain in the branches plagiotropics and expressed by the number of the major internodes branches principal, numbers of secondary branches internodes, internodes total number, medium length main branches, medium length secondary branches, number of ramifications. Doses of phosphorus in only the total numbers of branches and the main plagiotropics where, at dose 268 kg ha⁻¹ e 359 kg ha⁻¹, respectively, the largest increases were observed. This indicates that high doses of P₂O₅ influences on vegetative growth of coffee *Coffea arabica* L.

Key words: phosphate fertilization, simple highphosphate, calcium, sulf

1. Introdução

O cafeeiro, *Coffea Arábica L.* originário da Etiópia é um arbusto lenhoso de folhas perenes com um único caule de crescimento vertical, ortotrópico, que permanece vegetativo, e ramos laterais, plagiotrópicos. Os ramos plagiotrópicos podem originar folhas, outros ramos plagiotrópicos, flores e frutos e 99,8% das gemas se desenvolvem em flores e apenas 0,2% origina ramos vegetativos (RENA & MAESTRI, 1987).

A planta de café arábica, independentemente do seu estágio de crescimento, leva dois anos para completar o seu ciclo fenológico de frutificação. O primeiro ano consiste na fase vegetativa, formação de gemas foliares, durante os dias longos (de setembro a março) e indução e maturação das gemas florais, nos dias curtos (de abril a agosto). O segundo ano inicia-se com a florada, formação dos chumbinhos e expansão dos frutos, granação, maturação dos frutos e repouso e senescência dos ramos terminais (CAMARGO & CAMARGO, 2001).

O fósforo (P) constitui-se no 3º nutriente mais exigido pelo cafeeiro e compõe os chamados elementos ricos em energia, sendo o exemplo mais comum a adenosina trifosfato (ATP), que é utilizada em todas as reações do metabolismo que exijam entrada (utilização) de energia (SANTINATO et al., 1998). Essas reações são: síntese e desdobramento de proteínas, síntese e desdobramento de óleos e gorduras, síntese e desdobramento de carboidratos, trabalho mecânico, absorção, transporte e outros. O P é redistribuído pelo cafeeiro das partes mais velhas para as mais novas quando na sua falta e no crescimento de frutos e tecidos novos (MALAVOLTA, 2006).

Trabalhando com deficiências múltiplas, aos 24 meses após o plantio, observaram que o fósforo foi o nutriente limitante para o crescimento do cafeeiro no solo em estudo, reduzindo em 79% o crescimento quando ausente e aumentando em 37% quando presente isoladamente (FIGUEIREDO et al. 1984).

Altas doses de fósforo aumentaram a concentração de P e Ca. O Ca em concentrações não excessivas aumenta teor foliar, enquanto o excesso diminui. O efeito pode estar relacionado com o pH e com a formação de fosfato de cálcio insolúveis (MALAVALTA, 2006).

Este trabalho está sendo desenvolvido para um melhor esclarecimento da concentração de P a ser utilizada, e o efeito da mesma sobre o desenvolvimento e crescimento vegetativo do cafeeiro, especificamente dos ramos plagiotrópicos do cafeeiro.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Característica do Cafeeiro

O cafeeiro, *Coffea Arabica L.* originário da Etiópia é um arbusto lenhoso de folhas perenes com um único caule de crescimento vertical, ortotrópico, que permanece vegetativo, e ramos laterais, plagiotrópicos. Os ramos plagiotrópicos podem originar folhas, outros ramos plagiotrópicos, flores e frutos, 99,8% das gemas se desenvolvem em flores e apenas 0,2% origina ramos vegetativos (RENA & MAESTRI, 1987).

A planta de café arábica, independentemente do seu estágio de crescimento, leva dois anos para completar o seu ciclo fenológico de frutificação. O primeiro ano consiste na fase vegetativa, formação de gemas foliares, durante os dias longos (de setembro a março) e indução e maturação das gemas florais, nos dias curtos (de abril a agosto). O segundo ano inicia-se com a floração, formação dos chumbinhos e expansão dos frutos, granação, maturação dos frutos e repouso e senescência dos ramos terminais (CAMARGO & CAMARGO, 2001).

O segundo ano fenológico do cafeeiro, de acordo com (CAMARGO E CAMARGO, 2001) inicia-se com a floração, após um choque hídrico nas gemas florais. Após a fecundação da flor, inicia-se o período de desenvolvimento do fruto, entre os meses de setembro a junho, passando pelos estádios de chumbinho, expansão rápida, granação até a maturação. As fases fenológicas do cafeeiro são rígidas (LAVIOLA, B. G. et al, 2007).

2.2. Importância da cafeicultura no Brasil e no mundo

O cafeeiro (*Coffea arabica L.*) é uma das principais culturas do Brasil, tendo, além de caráter econômico, alto significado social, pois demanda grande quantidade de mão-de-obra. O país é o maior produtor de café do mundo e também o segundo maior consumidor do produto. É no campo que o café gera maiores benefícios,

ocupando mais de trezentas mil propriedades, distribuídas em onze estados, onde quase sempre constitui a principal fonte de renda (MATIELLO et al., 2005).

A área cultivada com café no Brasil está estimada em 2.362,7 mil hectares sendo 76,7% da área cultivada no País ocupada com café arábica. Em 2008 o Brasil produziu 46 milhões de sacas, segunda maior safra dos últimos dez anos, e em 2009 o país colheu entre 36,9 e 38,8 milhões de sacas de 60 kg de café beneficiado, das quais 26,9 a 28,3 milhões de arábica e 10 a 10,5 milhões de robusta, para a safra 2010 de 45,89 a 48,66 milhões de sacas de 60 quilos de café beneficiado. O resultado dessa primeira pesquisa representa um acréscimo entre 16,3% a 23,3%, quando comparada com a produção da safra de 2009 (CONAB, 2010).

2.3. Fósforo

O fósforo (P) constitui-se no 3º nutriente mais exigido pelo cafeeiro (SANTINATO et al., 1998) e compõe os chamados elementos ricos em energia, sendo o exemplo mais comum a adenosina trifosfato (ATP), que é utilizada em todas as reações do metabolismo que exijam entrada (utilização) de energia. Essas reações são: síntese e desdobramento de proteínas, síntese e desdobramento de óleos e gorduras, síntese e desdobramento de carboidratos, trabalho mecânico, absorção, transporte e outros. O P é redistribuído pelo cafeeiro das partes mais velhas para as mais novas quando na sua falta e no crescimento de frutos e tecidos novos (MALAVOLTA, 2006).

O suprimento de P é necessário desde os estádios iniciais de crescimento da planta, pois, as limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento, nos quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de P em níveis adequados (GRANT et al., 2001).

Por muitos anos, o cafeeiro foi considerado como uma planta que não responde à aplicação de altas doses de P no solo (BATAGLIA, 2004). A pesquisa, provavelmente, chegou a esta conclusão, pois o P é um dos macronutrientes menos exportados pelo cafeeiro (MALAVOLTA, 1986) e, sendo assim, a planta não

precisaria de grande quantidade do nutriente para completar seu ciclo reprodutivo. Além disso, anteriormente o cafeeiro só era cultivado em solos de média a alta fertilidade e a maioria das fazendas experimentais nas diferentes regiões do mundo estava em localidades nestas condições, (PREZZOTTI E ROCHA, 2004).

Devido à baixa disponibilidade de P nos solos para as plantas, muitas vezes, a adubação fosfatada necessita ser aplicada em quantidades maiores do que a realmente exigida pelas plantas fazendo-se necessário primeiramente satisfazer a exigência do solo, saturando os componentes responsáveis pela fixação do fósforo (FURTINI NETO et al., 2001).

Há duas recomendações básicas para aplicação de P no cafeeiro, uma é a adubação de plantio, baseada na análise de solo, e a outra é a de produção, de acordo com a disponibilidade de P no solo e a produtividade da lavoura. Em geral, a adubação de plantio, aplicada na cova ou sulco é suficiente para os dois anos iniciais da cultura. A partir do terceiro ano inicia-se o programa de adubação de produção ou manutenção – fertilizante fosfatado em aplicação única durante o ano, no início da estação chuvosa, ou, caso haja conveniência, pode ser também parcelado. É aplicado em superfície, numa faixa, em sua maior parte abaixo das copas das plantas, onde se concentram as raízes absorventes, para aí criar condições favoráveis às raízes (BATAGLIA, 2003).

Cafeeiros cultivados em áreas com mais de 50 mg dm^{-3} de P_2O_5 no solo (valor alto), mas que não receberam P na adubação de manutenção apresentaram sintomas de deficiência de P e pouca ou nenhuma formação de gemas reprodutivas e pegamento da florada. Por outro lado, áreas com 5 mg dm^{-3} de P_2O_5 no solo (valor baixo), que receberam doses razoáveis de P_2O_5 , da ordem de 100 a 120 kg ha^{-1} , mostraram bom desempenho no desenvolvimento de gemas reprodutivas e no pegamento da florada (GUERRA et al. 2007).

2.4. Ação do Fósforo no Solo

O comportamento do P torna-se ainda mais importante em solos das regiões tropicais sob cerrado que apresentam teores de P disponível muito abaixo

dos níveis críticos utilizados para interpretação de análise de P, limitando o desenvolvimento normal das culturas (LOPES, 1983). Nestes solos, são grandes as quantidades de P a serem aplicadas para manter a disponibilidade adequada do nutriente para as plantas (SOUSA et al., 2004).

Sob condições de baixo suprimento de P, é comum observar diminuição do raio radicular, e um sistema radicular com raízes finas poderia ser considerado mais eficiente para absorção de P. Uma estratégia adaptativa também observada em plantas crescidas em solos com baixa disponibilidade de P consiste na redução do ângulo de crescimento de raízes basais, em relação ao plano horizontal o que aumentaria a exploração de camadas superficiais do solo (MALAVOLTA 2006).

O solo é heterogêneo e nele ocorrem reações complexas, envolvendo os nutrientes adicionados pelos adubos que, muitas vezes, embora presentes em quantidades adequadas, não estão disponíveis para a absorção pelas raízes (MARTINEZ et al., 1999).

Em decorrência das reações de equilíbrio nos solos ácidos, o P predomina na solução do solo como íons ortofosfato (H_2PO_4). Na fase sólida do solo ele combina, principalmente, com metais, como o ferro e o alumínio, e com o cálcio, ocorrendo também na matéria orgânica (RAIJ et al., 2001). Por outro lado, existe o fato de os solos brasileiros serem ricos em óxidos hidratados de ferro e alumínio que, juntamente com a caulinita, constituem a maior parte da composição mineralógica da fração argila do solo, a parte mais ativa na qual ocorrem às reações do fósforo com estes compostos (RAIJ, 2004).

O Fósforo é indispensável para todo o ciclo da planta, pois entra na fotossíntese, na respiração e principalmente na formação das raízes dos cafeeiros novos. Mas, nem sempre, essa substância está disponível para ser absorvida pela planta. Quando ocorre a fixação do fósforo, cafeeiro é impossibilitado de aproveitá-lo. O fósforo se liga a outros elementos, principalmente o alumínio, formando o fosfato de alumínio, que é insolúvel e a planta não consegue absorver. Nesse sentido, a calagem é uma providência de vital importância uma vez que, em solo ácido, o fósforo não fica livre para o cafeeiro. Somente se o solo apresentar um pH

acima de 5,5 é que a planta terá boas condições para absorvê-lo (MALAVOLTA, 1986).

Apesar de estar entre os macronutrientes menos requeridos e exportados pela cultura do cafeeiro, o P é um elemento que merece uma importância especial por ser comum a carência deste nos solos em que assentam à cultura do café. Além dos solos brasileiros apresentarem uma baixa concentração natural de P, este nutriente é fixado rapidamente pela fração argila, formando compostos menos solúveis (LAVIOLA et al., 2007). Essa é a razão porque apenas 5% a 20% do P solúvel aplicado é aproveitado pela cultura, sendo o restante aproveitado ou não, dependendo da reação do P no solo (ALCARDE; PROCHNOW, 2003).

Um dos fatores que mais interfere na disponibilidade de P é o pH. A disponibilidade máxima de P acontece quando este está ao redor de 6,5; uma vez que valores mais baixos favorecem a formação de fosfatos de Fe e Al de baixa disponibilidade, como, por exemplo, a estrengita ($\text{Fe PO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$) e variscita ($\text{Al PO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$); a elevação do pH, por sua vez, conduz à precipitação do P (solução) como fosfatos de Ca de menor disponibilidade – hidroxiapatita ($3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$) e carbonatoapatita ($3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCO}_3$). Um outro fator que também influencia na absorção de íons fosfatos é a temperatura da solução (MALAVOLTA, 1980).

Os fatores físicos do solo também apresentam importante papel na disponibilidade do P, pois, de modo geral, solos que apresentam maiores teores de argila mostram maior potencial de fixação deste elemento, e conseqüentemente, a diminuição de sua disponibilidade para as plantas, principalmente quando esta argila é rica em óxidos de ferro e alumínio (NOVAIS et al., 2007).

A maior parte do P do solo é proveniente da intemperização da apatita, um mineral que contém P e Ca, além de outros elementos como o F e o Cl. À medida que a apatita se desintegra e libera o P no solo, vários compostos são formados, incluindo-se os dos ortofosfatos, que são absorvidos pelas raízes das plantas. Estas formas geralmente são solúveis e podem ser encontradas dissolvidas em pequenas quantidades na solução do solo (MALAVOLTA, 2006).

Devem-se buscar alternativas que minimizem os efeitos da fixação do P, visando aumentar a eficiência da adubação fosfatada, tais como, uma calagem realizada com critério, adoção do Sistema de Plantio Direto (SPD), bem como a utilização de fontes de P com solubilidade gradual, porém completa (SOUSA; LOBATO, 2003).

A calagem é um modo de economizar fertilizante fosfatado, pois minimiza os efeitos tóxicos causados pelo Al e Mn, além de liberar elementos, dentre eles o P, que estavam indisponíveis junto aos hidróxidos de Fe e Al no solo (MALAVOLTA, 2006),

A calagem contribui reduzindo a fixação do P, uma vez que reduz a quantidade de cargas positivas do solo e eleva as negativas (CTC), diminuindo as possibilidades do P, utilizado na adubação, se ligar fortemente à argila, que promoveria menor disponibilização do nutriente (ANDRADE, 2001).

Pode-se correlacionar que, se for utilizada fonte de P de solubilidade gradual na adubação, ocorre maior possibilidade da planta absorver o P antes que o solo o fixe. Além disso, quando se utiliza fertilizante granulado em relação ao pó, há menor contato deste com os sítios de adsorção de P no solo (SOUSA; LOBATO, 2003), assim como ocorre quando este fertilizante é aplicado de forma localizada, diminuindo sua fixação (OLIVEIRA, 1982).

O P entra em contato com a raiz, quase exclusivamente, por difusão, que representa o movimento do íon em uma fase aquosa estacionária, a distâncias curtas (MALAVOLTA, 1980). Por causa da alta mobilidade do P na planta, sob condições de carência os sintomas aparecem primeiramente em folhas mais velhas, das quais o elemento migra para as mais novas (MALAVOLTA, 2006). Nessa condição, as folhas velhas perdem o brilho e apresentam manchas amareladas desuniformes, que evoluem, devido ao acúmulo de antocianina, para cores vermelho-arroxeadas, podendo tomar todo o limbo foliar. Ocorrem, ainda, desfolha e redução do sistema radicular fino (MATIELLO et al., 2005).

2.5. Fontes de Fósforo e Adubação Fosfatada

Dentre os macronutrientes primários (N, P e K), o P é o que apresenta a maior variação quanto aos tipos de fertilizantes disponíveis no mercado. A matéria prima para a produção destes fertilizantes é um mineral chamado genericamente de apatita, e são classificados, principalmente, quanto a sua solubilidade (MALAVOLTA, 2006).

Foram feitos estudos sobre a influência de duas fontes de P (Superfosfato Simples e Triplo) nas doses de 0, 100, 200, 400 e 800 kg de P_2O_5 ha⁻¹, na formação e manutenção (após o 4º ano de plantio retomou-se a aplicação anual de P_2O_5) de cafeeiros em plantio super adensado (1,5 x 0,7 m). O solo Latossolo Vermelho Amarelo húmico (LVAh) apresentava um teor médio de P de 1,9 mg dm⁻³. Os resultados mostraram que as duas fontes, no tipo de solo estudado, apresentaram comportamento semelhante e a dose de 800 kg de P_2O_5 ha⁻¹ (84g de P_2O_5 planta), associada à adubação de manutenção após o 4º ano, foi a que promoveu maior aumento de produção no plantio super adensado, (AMARAL et al. 2002).

A eficiência agrônômica das fontes também interfere no fornecimento de P às plantas e essa interferência está relacionada à composição química, à granulometria e à solubilidade da mesma, de modo que quanto maior a solubilidade da fonte, mais rápida deve ser a influência da difusão do P no processo de absorção pelas plantas, como também a adsorção pelas partículas do solo (SOUZA et al., 2004).

Os fertilizantes fosfatados solúveis – superfosfato simples e triplo, fosfato monoamônico (MAP), fosfato diamônico (DAP) – e os relativamente solúveis – Escórias e Termofosfatados – se encontram em uma forma que as plantas podem logo absorver ou estão prestes a se transformar nessa condição; estes são mais eficientes se aplicados de forma localizada e próxima das raízes, a fim de facilitar sua absorção e atenuar os efeitos da imobilização, e com pouco contato com as partículas do solo, para diminuir a fixação do elemento. Já os fosfatos insolúveis – Fosfatos naturais – necessitam de uma conversão prévia em produto que as raízes possam absorver; estes devem ser aplicados em área total e com boa incorporação

ao solo, a fim de reagirem com as partículas ácidas deste para dissolverem-se (MALAVOLTA, 1989).

Um outro método de indicação de adubação fosfatada, juntamente com os demais macronutrientes primários, é através do uso de módulos, cada módulo, com 10 sacas ha^{-1} , recebe 0,10 ou 20 $\text{kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ quando o solo tiver mais que 10 mg dm^{-3} , de 5-10 mg dm^{-3} ou menos de 5 mg dm^{-3} , respectivamente. Este método sugere que o número mínimo seja de dois módulos e prevê o acompanhamento por análise de solo para, sobre os níveis estabelecidos, efetuar possíveis reduções nas doses de P, (MATIELLO et al. 2005).

Recomenda-se, sem considerar os teores de P presentes no solo, a elevada dose de 300 kg ha^{-1} ano de P_2O_5 , para a produção de safras anuais em torno de 60 a 70 sc ha^{-1} de café arábica. Os autores sustentam que as doses não sejam fundamentadas exclusivamente na carga pendente, pois as aplicações de fertilizantes devem ter por objetivo o crescimento de novos ramos e nós para a próxima safra. De qualquer forma, essa dose representa, aproximadamente, 33,5 sacas de superfosfato simples por hectare, o que em preços atuais corresponde, aproximadamente, a R\$ 1.847,00 por hectare, só de adubo fosfatado. Além disso, a aplicação de elevadas doses de P anualmente, sem o devido monitoramento, pode levar ao acúmulo desse elemento nos solos, causando um completo desbalanço entre os nutrientes. Esse fato pode acarretar, até mesmo, uma redução na produção por área. (GUERRA et al. 2007).

Trabalhos recentes mostram que a adubação fosfatada vem sendo reavaliada, pois existem evidências que o aumento das doses pode trazer aumentos de produtividade e estabilidade de produção de cafeeiros irrigados. Porém, estes resultados não podem ser extrapolados para cafeeiros cultivados sem irrigação (REIS, 2009).

No entanto, poucos tem sido os trabalhos realizados com P na cafeicultura, visando avaliar quais as melhores fontes e concentrações de fertilizantes fosfatados, assim como os efeitos que eles exercem sobre o desenvolvimento e produção do cafeeiro (MELO et al. 2005).

A fertilidade do solo está estreitamente relacionada com a produtividade das plantas, se mantidos os demais fatores de produção em níveis não limitantes. Para o fósforo (P), este comportamento não é exceção. Este nutriente é, talvez, o mais investigado na literatura, em função de sua importância para os seres vivos, da frequência com que limita a produção das culturas, sobretudo nas regiões tropicais e pelo fato de ser um insumo mineral finito e insubstituível (MALAVALTA, 2006).

2.6. Crescimento Vegetativo

A maior parte do P absorvida pela planta é transferido e armazenado no fruto ou grão, concentrando-se nas áreas mais ativas de crescimento. É também considerado o nutriente com menor aproveitamento pelas plantas. (YAMADA E ABDALLA, 2004).

Sob condições de baixo suprimento de P, é comum observar diminuição do raio radicular, e um sistema radicular com raízes finas poderia ser considerado mais eficiente para absorção de P (ARAÚJO; MACHADO, 2006).

O menor vigor das plantas após o florescimento está associado à deficiência de P, que pode ser visualmente observada em dois momentos bem distintos: no mês de fevereiro, início do enchimento de grãos e formação de novas gemas reprodutivas; e no período de floração em setembro. O mesmo autor ainda menciona que no local onde se concentra a aplicação de P_2O_5 há crescimento vigoroso de raízes absorventes superficiais (GUERRA et al. 2007).

O P é imprescindível ao crescimento e à reprodução das plantas (MARSCHNER, 1995) com principal função de armazenamento e transporte de energia na forma de ATP (MALAVALTA, 2006). O nutriente tem uma dinâmica complexa em solos das regiões tropicais que apresentam em geral teores de P disponível limitantes ao desenvolvimento normal das culturas (LOPES, 1983). Nestes solos, são grandes as quantidades de P a serem aplicadas para manter a disponibilidade adequada do nutriente para as plantas (SOUZA et al., 2004).

O crescimento e o desenvolvimento de plantas submetidas à deficiência de P são reprimidos desde os estádios iniciais da plântula e, dependendo da severidade, os efeitos negativos podem continuar durante o desenvolvimento de sementes ou frutos. Sob condições limitantes de P, as plantas normalmente apresentam pequeno desenvolvimento de raízes e de brotações e, como resultado, ocorre exploração insuficiente do solo, resultando em acesso restrito e baixa eficiência de uso, tanto da água quanto de nutrientes (STAUFFER; SULEWSKI, 2003).

2.7. Influência mútua de um elemento sobre a ação de outro

As interações resultam da influência mútua de um elemento sobre a ação de outro, produzindo efeito positivo ou negativo sobre o crescimento de clima, solo, espécie e de cultivares das plantas. É necessário, que haja equilíbrio entre os nutrientes, visto que a utilização de adubos concentrados com elevados teores de P e, ou, de N podem provocar a deficiência de S, quando o teor nos solos é baixo, e provocar desbalanceamento entre ânions, (ALVAREZ et al. 2007).

Alguns trabalhos têm apresentado interação fortemente positiva entre P e S no crescimento e produção das culturas, tanto no metabolismo vegetal como na adubação fosfatada na adsorção de SO_4^{2-} no solo, o que demonstra a existência de um equilíbrio dinâmico entre estes ânions, (ALVAREZ et al. 2007).

As moléculas contendo S participam da estrutura de aminoácidos essenciais, da clorofila, enzimas e coenzimas, além de participar de diversos processos metabólicos como ativação enzimática, (BATISTA, 2006).

O S participa de importantes compostos e de substâncias que conferem qualidade aos produtos, além de atuar em importantes processos do metabolismo de proteínas e em reações enzimáticas (ALVAREZ et al. 2007). Ele desempenha um papel fundamental na a formação de todas as proteínas da planta, desenvolvimento das raízes, nodulação e a fixação do nitrogênio, fotossíntese, aumentam a resistência ao frio e a seca e incrementa a produção de sementes (GUILHERME, 1988).

As deficiências no solo de S são causadas, principalmente, pelo uso contínuo de fórmulas concentradas de adubos, que não possuem S. As exigências nutricionais do cafeeiro dependem de vários fatores, sendo estes, da variedade empregada, a idade da planta, o estágio fenológico, a carga pendente, a fertilidade do solo, entre outros. O cafeeiro arábico é uma planta especial que leva dois anos para completar o ciclo fenológico. No primeiro ano formam-se os ramos vegetativos com gemas axilares nos nós, durante os meses de dias longos. A partir de janeiro, quando os dias começam a encurtar, as gemas vegetativas axilares são induzidas por foto periodismo em gemas reprodutivas, (GOUVEIA, 1984).

Altas doses de fósforo aumentaram a concentração de P e Ca. O Ca em concentrações não excessivas aumenta teor foliar, enquanto o excesso diminui. O efeito pode estar relacionado com o pH, com a formação de fosfato de cálcio insolúveis, (MALAVALTA, 2006).

O cálcio exerce na planta três tipos de funções: estrutural, regulador enzimático e de mensageiro secundário. (MALAVALTA, 2006).

O Ca impede danos à membrana celular, evitando a saída de substâncias intracelulares, parece atuar como modulador da ação dos hormônios vegetais, regulando a germinação, o crescimento e a senescência. O íon Ca desempenha papel importante no desenvolvimento vegetal e regulação metabólica. Influindo, indiretamente, no melhoramento do desenvolvimento das raízes, estimulação da atividade microbiana, absorção de outros nutrientes, além de ser requerido em grande quantidade pelas bactérias fixadoras de N₂, (DECHEN E NACHTIGALL, 2007).

3. Materiais e Métodos

O experimento foi implantado no Sítio Cachoeira, localizada no Município de Monte Belo, Minas Gerais em Agosto de 2007. O Município encontra-se na Latitude 21°19'Sul e Longitude 46°22' Oeste, a uma altitude média de 922 m. O clima é tropical de altitude, definido com estação chuvosa no verão e seca no inverno.

Apresenta temperatura média anual de 19,6°C e precipitação média anual de 1592,7 mm (IBGE, 1999).

Para a realização do experimento utilizou-se uma área cultivada com a variedade Rubi MG-1192. A idade nas plantas na implantação do experimento era de 6 anos, tendo a lavoura uma densidade de plantio de 2778 plantas ha⁻¹, dispostas no espaçamento 3,0 m entre linhas e 1,20 entre plantas. O solo é um Latossolo Vermelho Escuro (LVE), anteriormente cultivado com Cana-de-açúcar.

O delineamento experimental utilizado é o de blocos ao acaso, com 7 tratamentos e 4 repetições, perfazendo um total de 28 parcelas. Cada parcela é constituída de 5 plantas. As avaliações foram feitas apenas nas 3 plantas internas da parcela, sendo estas consideradas como área útil experimental.

Como fonte de fósforo para os tratamentos foi utilizado o superfosfato simples granulado que contém 18% P₂O₅ sol. CNA+ H₂O, 18-20% CaO, 11-12% S (ALCARDE, 2007). As concentrações empregadas nos tratamentos foram: 0, 25, 50, 100, 200, 400, 800g de P₂O₅ kg ha⁻¹.

Para a retirada das análises de solo utilizou-se o método recomendado pela 5ª Aproximação (CFSEMG, 1999). Foram coletadas amostras na linha de plantio de 0 – 10 cm 0 - 20 cm e 20 - 40 cm e nas entrelinha na profundidade de 0 - 20 cm.

Antes da primeira adubação, aplicou-se calcário em área total para elevar a saturação por bases para 60%, correspondendo à aplicação de 250 kg de calcário calcítico ha⁻¹, com 85% de PRNT.

A primeira adubação com superfosfato simples foi realizada no dia 21 de Novembro de 2007, e a segunda em outubro de 2008. Para os demais nutrientes utilizou-se as recomendações para adubação modular (MALAVALTA et al 1993). Além de duas aplicações foliares de B e Zn.

Em novembro de 2008, foram marcados seis ramos plagiotrópicos medianos das três plantas úteis experimentais de cada parcela; para posterior contagem e

medição de internódios, a qual foi realizada em março de 2009, para avaliação do crescimento dos mesmos sob efeito dos tratamentos.

No dia 9 de março foi realizada a avaliação do crescimento vegetativo de ramos 18 ramos plagiotrópicos de cada parcela de três plantas úteis anteriormente marcadas. O crescimento vegetativo foi determinado nos ramos plagiotrópicos e expresso pelo número de internódios dos ramos principal, números de internódios de ramos secundários, número total de internódios, comprimento médio de ramos principais, comprimento médio de ramos secundários, número de ramificações. Os dados foram submetidos à análises estatística pelo programa SISVAR (FERREIRA, 2000) e foram submetidas à análise de regressão e os gráficos plotados pelo Microsoft Excel.

4. Resultados e Discussão

Os parâmetros relacionados ao crescimento vegetativo somente o número de internódios do ramo principal e número de internódios totais foram influenciados pelas doses de P aplicadas (Tabela 1). Os parâmetros de internódios secundários, comprimento principal, comprimento secundário e números de ramificações não foram influenciados pelas doses aplicadas.

As doses de P influenciaram o número de internódios totais de forma quadrática, elevando número destes até uma dose estimada de 359 kg ha⁻¹ de P₂O₅ aplicado, tornando reduzir até a dose de 800 kg ha⁻¹ (Figura 1). No entanto, pelo ajuste da equação, foi determinado um coeficiente de ajuste da equação de 59,5%. Com esse ajuste, a dose para atingir o máximo crescimento da planta foi de 359 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Numericamente, o número médio de internódios totais das dosagens de 0, 25, 200 e 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foi acima da média que foi de 13 internódios. (GUERRA, et al. 2007), indicam que adubações normais chegam à média de 12 internódios, para cada ano. Estes mesmos autores (GUERRA et al. 2007) recomendam a aplicação da dose anual de P₂O₅ de 300 kg ha⁻¹, independente da quantidade de P no solo, objetivando uma colheita de 60 a 70 sc ha⁻¹ e de forma a atender a necessidade desse nutriente para o enchimento de grãos, manutenção de

crescimento vegetativo, formação e diferenciação das gemas para a próxima safra reduzindo a bienalidade de produção do cafeeiro.

Ao estudarem o crescimento inicial do cafeeiro irrigado, cultivar Rubi MG 1192, (NAZARENO, et al. 2003) concluíram que o P não afetou o número de ramos plagiotrópicos e de número de nós com gemas por planta, provavelmente porque no cafeeiro em formação o suprimento deste elemento na cova de plantio foi suficiente para suprir a necessidade das plantas.

Da mesma forma que o número total de internódios, houve um aumento do número de internódios dos ramos principais até uma dose estimada de 268 kg ha⁻¹ reduzindo até a dose de 800 kg ha⁻¹.

Comparando numericamente as médias das dosagens de 0, 25 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅, a média de internódios principais do experimento de foi de 10 internódios, foram maiores que a esta, tendo em vista também, que a testemunha fora maior que a média do experimento (Tabela1). Os valores de 268 kg ha⁻¹ até 359 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foram os pontos máximos de crescimento de internódios totais e principais do experimento, sugerindo que neste intervalo de doses de fósforo esteja a maior resposta em crescimento de ramos.

O suprimento de P é necessário desde os estádios iniciais de crescimento da planta, pois, as limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento, nos quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de P em níveis adequados (GRANT et al., 2001).

Estudos demonstraram a influência de duas fontes de P (superfosfato simples e triplo) nas doses de 0, 100, 200, 400 e 800 kg de P₂O₅ ha⁻¹, na formação e manutenção (após o 4º ano de plantio retomou-se as aplicação anual de P₂O₅) do cafeeiro em plantio super adensado (1,5 x 0,7m). O solo Latossolo Vermelho Amarelo Húmico (LVAH) apresentava um teor médio de P de 1,9 mg dm⁻³; verificaram que as duas fontes apresentaram comportamento semelhante, no tipo de solo estudado e que a dose de 800 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (125 g m⁻¹ de P₂O₅), juntamente

à adubação de manutenção após o 4º ano, foi a que promoveu maior aumento de produção no plantio super adensado. (BARROS, et al., 2001),

Tabela 1. Crescimento do internódio principal, secundário, comprimento principal, comprimento secundário e número de ramificações de cafeeiros adubados com diversas doses de fósforo.

Dose P ₂ O ₅ kg ha ⁻¹	internódio principal	internódio secundário	internódios totais	comprimento principal	comprimento secundário	número de ramificações
0	10,79	2,71	12,42	17,25	3,56	0,49
25	11,14	3,26	14,14	15,35	4,10	0,47
50	9,50	1,88	11,88	16,02	3,43	0,42
100	9,53	1,93	11,46	15,89	3,20	0,40
200	12,11	4,00	16,11	17,19	4,49	0,72
400	10,79	4,47	15,21	15,83	5,23	0,61
800	7,60	3,03	10,47	13,45	5,17	0,61
média	10,21	3,04	13,10	15,85	4,17	0,53
<i>teste F</i>						
Doses	*	ns	*	ns	ns	ns
bloco	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	13,06	67,45	21,11	11,53	68,63	63,23

* significativo à 10% de probabilidade; ns – não significativo.

Figura 1. Número de internódios totais de cafeeiros adubados com diversas doses de fósforo.

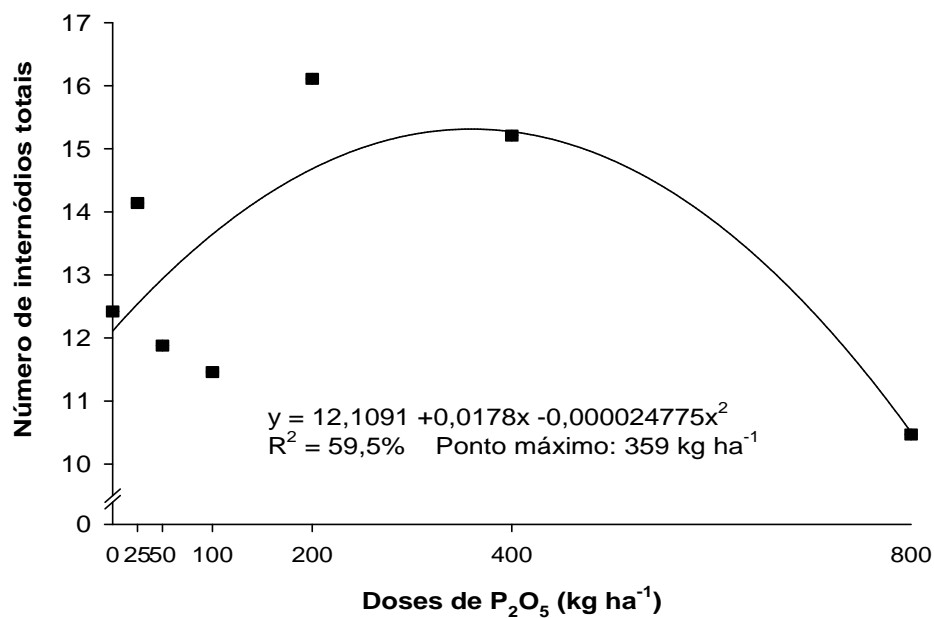
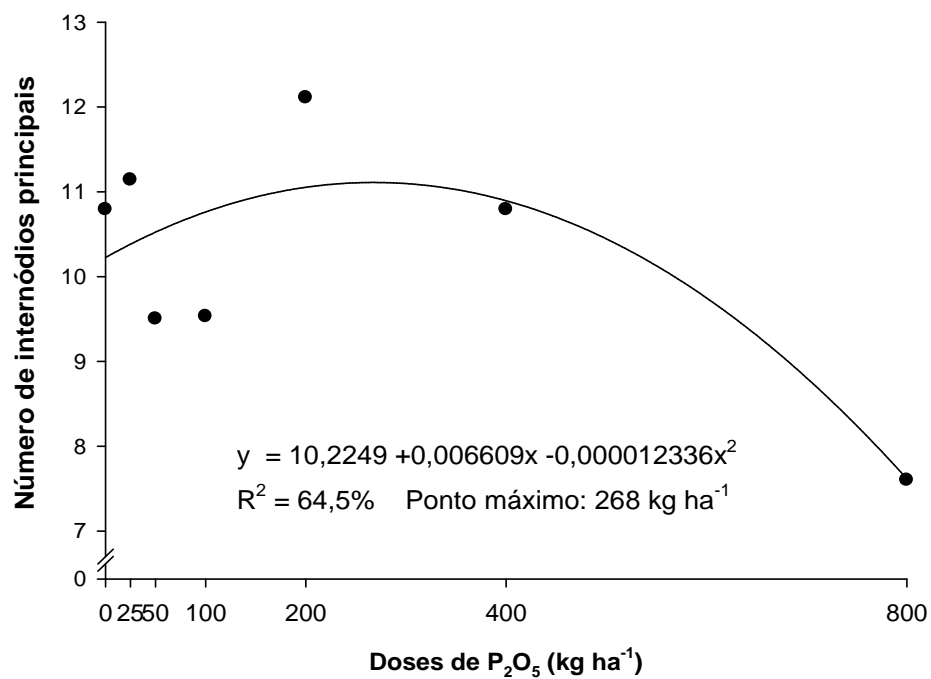


Figura 2. Número de internódios principais de cafeeiros adubados com diversas doses de fósforo.



5. Conclusão

Os valores de 268 kg ha⁻¹ até 359 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foram os pontos máximos de crescimento de internódios totais e principais do experimento, sugerindo que neste intervalo de doses de fósforo esteja a maior resposta em crescimento de ramos.

Com isso os resultados mostram que a adubação fosfatada em altas dosagens, é que promove maiores índices de crescimento vegetativo (internódios totais e internódios principais), no cafeeiro *Coffea Arabica L.*, tendo como parâmetro para esse, um plantio correto já com a adução com P₂O₅ e uma boa condição de pH do solo.

6. Bibliografia

ALCARDE, J. C.; PROCHNOW, L. I. **Metodologias de extração para avaliar a eficiência de fertilizantes fosfatados**. In: YAMADA, T; ABDALLA. S. R. S. (Ed.). **Simpósio destaca a essencialidade do fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafós, Junho/2003, p.4. (Informações Agronômicas, 102).

ALCARDE, J. C.; PROCHNOW, L. I. **Metodologias de extrato para avaliar a eficiência de fertilizantes fosfatados**. In: YAMADA, T; ABDALLA. S. R. S. (Ed.).

ALVAREZ V, V.H.; ROSCOE, R.; KURIHARA, C.H.; PEREIRA, N.F. Enxofre. 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: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap.10, p.595-635.

AMARAL, A. S. do; SANTINATO, R.; MATIELLO, J. B.; FILHO, S. L.; LOUBACK, A.; BARROS, U.V. **Doses e fontes de P em cafeeiros super adensados em solo LVAh na Zona da Mata de MG**. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 28. 2002 Caxambu – MG. Resumos... Rio de Janeiro: IBG/GERCA, 2002. p. 72-73.

ANDRADE, C.E. **Calagem e adubação do café**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001.130p.

BARROS, U. V. et al. **Doses e fontes de fósforo em cafeeiros super adensados em solo LVAh na Zona da Mata de Minas Gerais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 27, 2001. p. 27-28. Marília. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBG/GERCA, 2000. p.64-66.

BATAGLIA, O. C. **Resposta da cultura do café na adubação fosfatada**. In: YAMADA, T; ABDALLA. S. R. S. (Ed.). **Simpósio destaca a essencialidade do fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Portal, Junho/2003, p.7. (Informações Agronômicas, 102).

BATISTA, K. **Nitrogênio e enxofre na implantação do capim-Marandu em substituição ao capim-Braquiária em degradação num solo com baixa matéria orgânica**. 2006. 126p. (Tese Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br> > Acesso em: 20 de maio 2010.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. **Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil**. *Bragantia*, Campinas, v. 60, n. 1, p. 65- 68, 2001.

CONAB: **Acompanhamento da safra brasileira**. Café, 2010. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/4cafe08.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2010.

DAMATTA, F. M.; RENA, A. B. **Relações hídricas no cafeeiro**. In: I SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2002, Brasília, DF. Palestras. Brasília, DF: Embrapa Café; 2002. p. 9-44.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. **Elementos requeridos à nutrição de plantas**. In: NOVAIS, FERREIRA. R., et al. (Ed.) *Fertilidade do solo*. 1.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap.03, p.91-132.

FERREIRA, D.F. **Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0.** In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. Anais... São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FIGUEIREDO, F. C.; FURTINI NETO, A. E.; GUIMARÃES, P. T. G.; SILVA, E. B.; BOTREL, P. P. **Eficiência da adubação com NPK na produção de cafezais adensados na região Sul de Minas Gerais.** Coffee Science, Lavras, v. 1, n. 2, p. 135 - 142, 2006.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. Informações Agronômicas**, n. 95, Piracicaba, Instituto Potafós, 2001, GUILHERME, M.R. **Fertilizantes Mineral + S: Ca + Mg + S Características e eficiência.** Sorocaba: Sistema Gráfico do Grupo Pagliato, 1988. 49p.

GOUVEIA, N. M. **Estudo da diferenciação e crescimento das gemas florais de *Coffea arabica* L. observação sobre antese e maturação dos frutos.** Campinas, 1984. 237f. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Instituto de biologia, UNICAMP.

GUERRA, A.F.; ROCHA, O.C.; RODRIGUES, G.C.; SANZONOWICZ, C.; RIBEIRO FILHO, G.C.; TOLEDO, P.M.R.; RIBEIRO, L.F. **Sistema de produção de café irrigado: um novo enfoque.** ITEM. Brasília, n.73, p.52-61, 2007.

LAVIOLA, B. G.; MARTINEZ, H. E. P.; SOUZA, R. B. de; ALVAREZ VENEGAS, V. H. **Dinâmica de cálcio e magnésio em folhas e frutos de cafeeiro arábico em três níveis de adubação.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, p.319-329, 2007.

LOPES, A. S. **Solos sob cerrado: características, propriedades e manejo.** Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 1983. 162 p.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação.** São Paulo: Agronômicas Ceres, 1989. 292p.

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

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

MALAVOLTA, E. **Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro**. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafós, 1986. p. 136-274.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic, 1995. 887p.

MARTINEZ, H.E.P.; GUIMARÃES, P.T.G.; GARCIA, A.W.R.; ALVAREZ V., V.H.; PREZOTTI, L.C.; VIANA, A.S.; MIGUEL, A.E.; MALAVOLTA, E. CORRÊA, J.B.; LOPES, A.S.; NOGUEIRA, F.D.; MONTEIRO, A.V.C.; OLIVEIRA, J.A.; **Cafeeiro**. In.: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa, MG, 1999, p. 143 - 168

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil: Novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro e Varginha: MAPA/PROCAFÉ, 2005. 434p.

MELO, B.; BARTHOLO, G. F.; MENDES, A. N. G. **Café: variedades e cultivares**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.19, n.193, p.92-96, 1998.

MELO, B.; MARCUZZO, K. V.; TEODORO, R. E. F.; CARVALHO, H. P. **Fontes e doses de fósforo no desenvolvimento e produção do cafeeiro, em um solo originalmente sob vegetação de Cerrado de Patrocínio – MG**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 29, n. 2, p. 315-321, 2005.

NAZARENO, R. B.; OLIVEIRA, C. A. S.; SANZONOWICZ, C.; SAMPAIO, J. B. R.; SILVA, J. C. P.; GUERRA, A. F. **Crescimento inicial do cafeeiro Rubi em resposta a doses de nitrogênio, fósforo e potássio e a regimes hídricos**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 38, n. 8, p. 903-910, 2003.

NOVAIS, R. F.; VENEGAS, V. H. A.; BARROS, N. F. de FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. F. **foro**. In: NOVAIS, R. F. et al., (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1997. 285p. (Boletim Técnico 100). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. VIII., p. 471-550.

OLIVEIRA, A. J. de. **Adubação fosfatada no Brasil**. Brasília: Embrapa Ceres, 1982. 326p.

PREZOTTI, L.C.; ROCHA, A.C. **Nutrição do cafeeiro arábica em função da densidade de plantas e da fertilização com NPK**. Bragantia, Campinas, v.63, n.2, p.239-251, maio/ago. 2004.

RAIJ, B. Van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA.H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agronômico, 2001. 285p.

RAIJ, B. Van. **Fósforo no solo e interação com outros elementos**. In: YAMADA, T; ABDALLA, S.R.S. (Ed.) **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos/ Anda, 2004. p. 107-116.

REIS, T.H.P. **Dinâmica e disponibilidade de fósforo em solos cultivados com cafeeiros em produção**. 2009. 144p. (Dissertação de mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2009.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. **Ecofisiologia do cafeeiro. Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987, p. 119-145.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; PEREIRA, E.M. **Fontes e doses crescentes de P₂O₅ (fósforo) na formação do cafeeiro em solo de cerrado**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 24.; 1998. Poços de Caldas. Resumos... Rio de Janeiro: IBG/GERCA, 1998.p. 93-94.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. **Adubação fosfatada em solos da região do cerrado.** In: YAMADA, T; ABDALLA. S. R. S. (Ed.). Simpósio destaca a essencialidade do fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: Portafós, Junho/2003, p.5. (Informações Agronômicas, 102).

SOUSA, D.M.G. de.; LOBATO, E.; REIN, A.T. **Adubação fosfatada.** In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. 2^a.ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004. p.147-168.

STAUFFER, M. D.; SULEWSKI, G. Fósforo – **Nutriente essencial para a vida.** In: YAMADA, T; ABDALLA. S. R. S. (Ed.). Simpósio destaca a essencialidade do fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: Portafós, Junho/2003, p.1. (Informações Agronômicas, 102).