

ESCOLA AGROTÉCNICA FEDERAL DE MUZAMBINHO

Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura

BRUNO FERREIRA SILVA

**TEORES DE BORO E ZINCO NO CAFEEIRO
RECEPADO EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES E
FONTES DE P₂O₅**

**Muzambinho
2008**

BRUNO FERREIRA SILVA

**TEORES DE BORO E ZINCO NO CAFEEIRO
RECEPADO EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES E
FONTES DE P₂O₅**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação, em Cafeicultura, da EAFMuz, como requisito parcial à obtenção do grau de Tecnólogo em Cafeicultura.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Bregagnoli

**Muzambinho
2008**

COMISSÃO EXAMINADORA

Anna Lygia Resende Maciel

Marcelo Bregagnoli

Francisco Vitor de Paula

Muzambinho, 09 de dezembro de 2008.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e aos meus colegas de república

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a Nossa Senhora Aparecida, o qual sou devoto, que sempre me iluminam, me dando forças nas horas mais difíceis.

Aos meus professores, em especial ao meu orientador Marcelo Bregagnoli pela sabedoria, dedicação, apoio e paciência.

A todos os funcionários da Biblioteca Monteiro Lobato da Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, em especial Clarissa Benassi, Carlos Guida e Ana Salomão.

SILVA, Bruno Ferreira. **Teores de Boro e Zinco no Cafeeiro Recepado em Diferentes Concentrações e Fontes de P₂O₅**. 2008. 35 f. Trabalho de Conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura (Graduação) - Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, MG, 2008.

RESUMO

Os micronutrientes são pouco exigidos pelo fato de atuarem como catalisadores de reações enzimáticas. As principais deficiências de micronutrientes constatadas nos solos brasileiros são as de zinco e boro. O presente trabalho teve como objetivo estudar a importância do fósforo no cafeeiro recepado e sua reação com os micronutrientes, sobretudo B e Zn. O experimento foi realizado no período de setembro de 2007 a outubro de 2008, na Fazenda Grama, município de Guaxupé (MG), foi utilizada a variedade de café Mundo Novo IAC 379-19. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com oito tratamentos e quatro repetições, as parcelas experimentais foram constituídas por seis plantas. Nestas condições conclui-se que, 120 dias após a aplicação não ocorreu diferença significativa dos teores de B e Zn analisados via folha. Aos 350 dias após a aplicação, as doses de fósforo diminuíram os teores de Zn na folha, exceto para os tratamentos 1 (testemunha) e 3 (100 Kg P₂O₅ ha⁻¹), sendo que o mesmo não foi observado para o B.

Palavras- Chave: Adubação; Desequilíbrio Nutricional; Micronutrientes; Podas.

SILVA, Bruno Ferreira. **Levels of boron and zinc in Coffee Recep subjected to different concentrations of P₂O₅. 2008.** 35 f. Completion of the work of the Technology Education Course in coffee (Graduation) - Federal School of Agrotécnica Muzambinho, MG, 2008.

ABSTRACT

The micronutrients are required just for the fact act as catalysts for enzymatic reactions. The main deficiencies of micronutrients found in Brazilian soils are zinc and boron. This study aimed to investigate the importance of phosphorus in coffee reception and its reaction with micro-nutrients, especially B and Zn. The experiment was carried out from September 2007 to October 2008, at Farm grass, city of Guaxupé (MG), was used as a variety of New World Coffee IAC 379-19. The experimental design was a randomized block with eight treatments and four replicates, the experimental plots consisted of six plants. Under these conditions it was concluded that, 120 days after the application was no significant difference in the levels of B and Zn analyzed via sheet. At 350 days after application, the phosphorus levels decreased the levels of Zn in leaves, except for treatments 1 (control) and 3 (100 kg P₂O₅ ha⁻¹), and the same was not observed for B.

Key words: fertilization; Nutritional imbalance; Micronutrients; pruning.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1. NUTRIÇÃO MINERAL DO CAFEIEIRO	11
2.1.1. <i>Nutrição Mineral do Cafeeiro Recepado</i>	12
2.2. FÓSFORO	13
2.2.1. <i>EFICIÊNCIA E ABSORÇÃO</i>	15
2.2.1.1. Fósforo no Solo.....	15
2.2.1.2. Fósforo na Planta.....	16
2.2.2. <i>Fósforo em Cafeeiros</i>	16
2.2.2.1. Formas de Aplicação de Fósforo para o Cafeeiro.....	17
2.2.2.2. Concentrações	18
2.2.3. <i>Efeito da Deficiência de P no Desenvolvimento da Planta</i>	19
2.3. FONTES DE FÓSFORO	19
2.4. MICRONUTRIENTES	22
2.4.1. <i>Boro</i>	24
2.4.2. <i>Zinco</i>	25
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1. LOCAL DO EXPERIMENTO.....	27
3.2. VARIEDADE.....	28
3.3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	28
3.4. PRÁTICAS CULTURAIS	29
3.5. ANÁLISE DO TEOR FOLIAR DOS ELEMENTOS	29
3.6. ANÁLISE DE NUTRIENTES NO SOLO	30
3.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA	30
4. RESULTADO E DISCUSSÃO	32
5. CONCLUSÃO.....	34
REFERÊNCIAS	35

INTRODUÇÃO

Os nutrientes disponíveis para as plantas estão nas formas solúveis na solução do solo e grande parte adsorvido aos colóides lentamente disponível, de acordo com a característica do nutriente. Para um diagnóstico da fertilidade do solo é necessário determinar a disponibilidade de macro e micronutrientes e suas taxas de absorção e a relação entre os nutrientes no solo. A estas informações deve-se associar o conhecimento das fontes de nutrientes; características e necessidades das plantas; experiência do manejo e uso dos solos e de plantas, para então poder recomendar uma calagem ou adubação, procurando obter sempre o máximo rendimento econômico.

A princípio, para um melhor entendimento do comportamento dos nutrientes no solo convém conhecer sua carga, isto é, se são cátions ou ânions. Os macronutrientes catiônicos são o potássio (K^+), o cálcio (Ca^{++}), o magnésio (Mg^{++}) e o nitrogênio (NH_4^+) e os macronutrientes aniônicos são o nitrogênio (NO_3^-), o fósforo ($H_2PO_4^-$) e o enxofre (SO_4^{--}). Os micronutrientes também se comportam como ânions ou cátions. São cátions: o ferro (Fe^{3+}), o cobre (Cu^{2+}), o zinco (Zn^{2+}), o manganês (Mn^{2+}), e ânions, o molibdênio (MoO_4^{2-}), o cloro (Cl^-) e o boro (BO_3^{--}).

A planta necessita de macronutrientes, que são exigidos em maiores quantidades, assim como os micronutrientes que são importantes para o desenvolvimento mesmo sendo requerido em menores quantidades.

A razão da pouca exigência dos micronutrientes, está no fato de que a principal função de quase todos, é de atuarem como catalisadores de reações enzimáticas, comuns entre plantas e animais. As deficiências de micronutrientes são menos comuns que as de macronutrientes e muitas vezes estão associadas a características do solo. As deficiências que mais tem sido constatadas no Brasil são as de B e Zn.

Os micronutrientes apresentam uma característica marcante, principalmente do B, que é o limite entre a essencialidade e a toxidez às plantas, sendo muito estreito.

A adubação fosfatada em excesso, principalmente por fontes que alteram os atributos químicos do solo, pode prejudicar a assimilação de micronutrientes como Fe e Zn. O Zn é um dos micronutrientes, cuja deficiência é relativamente comum, principalmente por ser baixa a sua quantidade no solo.

A matéria orgânica imobiliza os micronutrientes na forma de compostos orgânicos, protegendo-os, mas ao mesmo tempo, reduzindo sua disponibilidade às plantas devido à formação de quelatos.

O desenvolvimento e a produção econômica dos cafezais dependem do fornecimento dos nutrientes necessários ao cafeeiro de forma equilibrada e eficiente, otimizando da melhor maneira possível os recursos.

O presente trabalho tem como objetivo estudar a importância do P no cafeeiro recepado e sua reação com os micronutrientes, sobretudo B e Zn, e como irão se comportar com diferentes doses e fontes de P_2O_5 .

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Nutrição Mineral do Cafeeiro

Para o estabelecimento de uma nutrição racional e equilibrada, é preciso considerar, além da exigência nutricional, outras características que afetam a disponibilidade e o suprimento dos nutrientes, que segundo Matiello (1991) são:

- Tipo de solo com suas características físicas e químicas;
- Condições climáticas, principalmente a distribuição de chuvas;
- Características do cafezal, como idade, espaçamento, variedade, condução anterior, potencial de produção, estado vegetativo;
- Qualidade e o tipo dos adubos ou corretivos utilizados;
- Períodos de maior consumo dos nutrientes pelo cafeeiro;
- Diagnose de carências (visual ou por análise foliar);
- Forma e utilização dos adubos (modo, época, etc.)

Os desequilíbrios nutricionais são comuns na cafeicultura, provocados por falta ou excesso de adubações e calagem, ou pelo uso de insumos impróprios.

O café é uma planta sensível a desequilíbrios nutricionais. Às vezes, basta que um nutriente esteja disponível ao cafeeiro em proporções contrárias as recomendadas, para que haja um desequilíbrio, desencadeando antagonismo, toxicidade e outros fenômenos prejudiciais do cafeeiro (MATIELLO, 1974).

Para se começar a conversar em nutrição de cafeeiro é preciso ter noção de quais são os nutrientes necessários, quantidades utilizadas e época de aplicação. Esse conhecimento é básico, para planejar que tipo de nutriente, proporções e quantidades a repor ao solo uma safra qualquer.

O cafeeiro e as plantas em geral necessitam para o ciclo de vida, dezesseis nutrientes essenciais, sendo três (C, H e O) vindos do ar e da água, que compõem aproximadamente 95% do total do peso de uma planta. Os treze nutrientes restantes são divididos em macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Cl e Mo). Os nutrientes exercem funções específicas na planta e podem ser divididos em estrutural, constituinte de enzimas, e ativador enzimático, que garantem adequado crescimento, desenvolvimento e produção, além de aumentar a resistência da planta ao ataque de pragas e doenças. Caso os nutrientes não estejam numa concentração adequada nos tecidos da planta, podem

ocorrer sintomas de deficiência ou toxidez, devido a uma série de alterações significativas em nível bioquímico e celular (PRADO, 2004).

Por exemplo, o excesso de calagem pode causar deficiência de Fe e "fixar" o B tornando-o menos absorvível pelo cafeeiro. Ao contrário, a falta de correção do solo diminui a disponibilidade de Ca, dificultando o metabolismo de B no cafeeiro. O excesso de potássio pode provocar deficiência de Mg, Ca e, indiretamente, de B. E assim, outras interações entre nutrientes poderão afetar a nutrição do cafeeiro (MATIELLO, 1974).

Portanto, quando se refere à nutrição de café, o assunto deve ser considerado como um todo e, nunca isoladamente, para esse ou aquele nutriente. É claro que se houver deficiência de algum nutriente, essa deve ser corrigida, mas sempre com o cuidado de que essa correção não cause reações prejudiciais do aproveitamento de outros nutrientes.

2.1.1. Nutrição Mineral do Cafeeiro Recepado

As podas nos cafezais brasileiros, normalmente conduzidos em sistemas de livre crescimento, têm por finalidades principais (MATIELLO, 1991):

- Recuperar a produtividade de lavouras com problema de fechamento;
- Recuperar os cafeeiros atingidos por geadas, chuvas de granizo ou secas fortes, cuja copa precisa ter uma boa formação de ramos produtivos.

As podas têm o objetivo de recuperar as plantas que já não atendem técnica e economicamente ao padrão da cultura. E que são feitas a fim de (MELLES, 1985 apud MATIELLO, 1991):

- Manter uma relação adequada de colheita por área foliar;
- Estabilizar o nível de produção;
- Ajudar na eficiência do controle fitossanitário;
- Manter o arejamento da planta facilitando a entrada de luz;
- Evitar a morte descendente de raízes, tronco e ramos com a finalidade de adequar as lavouras para a colheita buscando aumentar a produtividade.

Existem vários tipos de podas adotados pelos cafeicultores, sendo as mais comuns: decote, desponte, esqueletamento e recepa.

Os dois tipos de podas que são mais empregados na cafeicultura brasileira: a poda alta ou "decote" e a poda baixa ou "recepa". Em algumas áreas, são

praticadas a poda de “esqueletamento” e o “desponte” de ramos laterais, podendo ser usados, ainda, sistemas de podas especiais, para a limpeza de ramos secos, para a eliminação dos ramos da parte baixa da planta (para fins de colheita mecânica). As podas podem ser aplicadas em toda a lavoura ou em determinado talhão ou em certas linhas. Na mesma área pode, também, ser aplicado mais de um tipo de poda. Por exemplo, uma linha é recepada e as laterais são decotadas. As podas devem ser feitas após as safras altas ou na previsão de safra alta para o ano seguinte, a fim de evitar perdas de produção (MATIELLO, 1991). Muitas destas podas deixam consideráveis restos orgânicos no solo que, após a decomposição, são utilizados na nutrição dos cafezais.

No 1º ano após a recepa e o esqueletamento, Ribeiro et al. (1999) recomenda-se seguir as adubações para o 2º ano. Quando as brotações são vigorosas, dispensam - se as adubações, devido o resíduo deixado no solo pelas adubações anteriores. A partir do 1º ano após estas podas, seguir as recomendações para cafeeiros em produção, pelo fato de as plantas já apresentarem perspectivas de colheita.

Para lavouras recém - recepadas, recomenda-se a mesma quantidade de N, K e micronutrientes e a metade da dose de P recomendada para a cova de plantio. A redução da dose de P baseia-se no fato de que após a recepa, parte do sistema radicular permanece ativo, mantendo uma determinada eficiência de absorção que, estima-se ser superior à das mudas. O parcelamento de N e K deve ser iniciado três meses após a recepa. Para a fertilização do primeiro ano após a recepa, a quantidade de fertilizantes baseia-se na estimativa de produção de biomassa vegetativa de segundo ano e na produtividade esperada (ZAMBOLIM, 2000).

2.2. Fósforo

O P faz parte do trifosfato de adenosina (ATP), gerado na respiração e na fotossíntese essa é a moeda com que o vegetal paga todos os processos em que há gasto de energia, tais como absorção de nutrientes e a síntese ou formação de proteínas. Sem o P não se pode falar em fotossíntese e respiração. O P é importante na floração e na frutificação, além de ajudar no desenvolvimento do sistema radicular (MALAVOLTA, 2002).

A exigência do P em relação ao N e K é pequena, para a maioria dos vegetais, a exemplo o cafeeiro que na fase adulta da lavoura absorve pouco P, sendo sua maior absorção, proporcional entre os demais nutrientes, na fase jovem. A absorção de P também é maior na época chuvosa e na granação dos frutos (GUIMARÃES et al., 1998).

Enquanto o N e o K dos adubos permanecem em formas que as raízes podem aproveitar durante um período maior, com o P não se dá o mesmo. O P dos fertilizantes reage de modo mais ou menos rápido com determinados componentes do solo, sendo por isso, convertido em outras formas que as plantas não absorvem. Pode-se dizer, então, que uma alta proporção de P aplicado como adubo é roubado da planta, pelo menos durante algum tempo de modo reversível ou não. Esse fenômeno dá-se o nome de “fixação do fósforo” (MALAVOLTA, 1989).

Devido à baixa disponibilidade de P nos solos brasileiros, a adubação com P assume a particularidade de ser aplicada em quantidades várias vezes maior do que aquela exigida pelas plantas, pois, antes de tudo, torna-se necessário satisfazer a exigência do solo, saturando os componentes responsáveis pela fixação do P (GRANT et al., 2001).

2.2.1. EFICIÊNCIA E ABSORÇÃO

2.2.1.1. Fósforo no Solo

A quantidade total de P no solo é elevada, mas somente pequenas quantidades de P estão presentes na solução do solo. Em solos de acidez elevada tende a predominar a forma de ortofosfato primário (H_2PO_4^-) e em solos alcalinos predomina o íon ortofosfato secundário (HPO_4^{2-}). Em geral o pH que proporciona maior disponibilidade de P está entre 6,0 e 6,5, pois, nesta faixa de pH, a fixação do P no solo é mínima. O P ocorre na forma orgânica e em centenas de formas inorgânicas no solo. A maioria do P inorgânico ocorre na fração argila do solo, ligado ao Ca (PCa), Fe (PFe), Al (PAI) e, na quase totalidade, não está disponível às plantas. O fósforo disponível às plantas tende a ser facilmente fixado por argilas do solo (SENGIK, 2005).

Os solos podem apresentar de 100 a 2500 $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P total, na camada arável. Todavia, qualquer que seja a natureza do solo, a concentração de P em solução é baixa, normalmente 0,1 e 1,0 $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, dado a elevada tendência de remoção do P da solução por meio da fixação, adsorvendo-se ao solo juntamente com compostos de Al, Fe e Ca (FURTINI NETO et al., 2001). Porém, Malavolta (2006) afirma que as quantidades de P nos solos brasileiros, na profundidade de 0-20 cm, variam entre 110 a 4400 $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Quanto mais ácido for o solo, maior o teor de argila e predominância de óxidos de Fe e Al na fração argila, maior a capacidade de fixação do solo. O teor de argila apresenta elevada correlação com a fixação de fosfatos em solos sob vegetação de cerrado, dando à grande ocorrência de óxidos de Al e Fe na fração argila (LOPES, 1983 apud FURTINI NETO et al., 2001). A concentração de P na solução depende da dose adicionada, do volume de solo fertilizado, do tempo de reação do P com o solo e da sua capacidade de adsorção (fixação). Nesse caso, solos argilosos apresentam maior capacidade de adsorção do que solos arenosos. Como P é um nutriente de baixa mobilidade no solo, deve ser aplicado incorporado ao solo e o mais próximo das raízes (SENGIK, 2005).

Porém, quando o solo apresentar um pH acima de 5,5 é que a planta terá boas condições para absorver o P. Para que ocorra a liberação desse P que estaria "preso" ao Fe e ao Al, também é importante que o cafeicultor faça a

descompactação e a adubação com matéria orgânica, pois se o solo estiver compactado, onde apresentará uma baixa ocorrência de microorganismos (ex: bactérias) que são capazes de fazer arejamento da terra e a transformação de matéria orgânica em húmus, ocorrerá à fixação do fósforo, que fica indisponível para as raízes (ADUBAÇÃO DO CAFÉ, 2008).

2.2.1.2. Fósforo na Planta

O fósforo é crucial no metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese. É também componente estrutural dos ácidos nucléicos de genes e cromossomos, assim como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolipídeos. As limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de P a níveis adequados. O suprimento adequado de P é, pois, essencial desde os estádios iniciais de crescimento da planta (GRANT et al., 2001).

O fósforo pode aparecer na planta em formas inorgânicas e orgânicas, sendo que as formas inorgânicas apresentam uma proporção relativamente alta do P total no tecido da planta, ao contrário do que sucede com o N (MALAVOLTA, 1989).

Plantas estão adequadamente nutridas com P, de 85% a 95% do P inorgânico total da planta está localizado nos vacúolos e, quando ocorre a redução no suprimento de P, este P inorgânico sai do vacúolo e é redistribuído para os órgãos novos em crescimento, devido à redistribuição do P na planta, os sintomas de deficiência manifestam-se inicialmente nas folhas mais velhas (FAQUIN, 2005).

O fósforo é móvel na planta, e após aproximadamente 30 dias, ocorre distribuição homogênea do P em toda parte aérea e nas raízes (MARTINS, 2008).

2.2.2. Fósforo em Cafeeiros

O café é um dos principais produtos de exportação do Brasil, sendo que o seu cultivo ocupa extensas áreas agrícolas do País, sobretudo nas regiões altas do sudeste brasileiro. A grande maioria dos solos tropicais apresenta elevada

capacidade de retenção de P e baixos teores desse nutriente em formas disponíveis (LOPES et al., 1982).

A adubação fosfatada realizada nas regiões agrícolas brasileiras demonstra-se pouco eficiente, visto que grande parte do nutriente adicionado será retida pelo solo. Assim, são necessárias aplicações de elevadas doses de fertilizantes fosfatados para o plantio e para a produção, mas são extraídas pelas plantas quantidades relativamente pequenas de P, indicando que grande parte dos fosfatos adicionados estaria indisponível para o cafeeiro. Assim a forma de aplicação do adubo fosfatado assume papel importante no sistema de produção cafeeira, quando a atividade se encontra implantada em solos com elevada capacidade de retenção de fósforo (GRANT et al., 2001).

A fosfatagem tem sido um tema muito discutido pelos cafeicultores, preocupados sempre com o aumento da produtividade das lavouras, além diferentes procedimentos relacionados à forma de aplicação e doses. A calagem é uma providência de vital importância, uma vez que em solo ácido, o P não fica livre para o cafeeiro.

2.2.2.1. Formas de Aplicação de Fósforo para o Cafeeiro

As evidências atuais, de que a produtividade aumenta com a aplicação dos fertilizantes em ambos os lados do cafeeiro, se deve, muito provavelmente, a outros nutrientes, não P (MARTINS, 2008), daí a opção de sua aplicação de dar somente de um lado da planta.

Em áreas mecanizáveis de Minas Gerais, têm - se utilizado a aplicação de fosfatos solúveis ou naturais em sulco, de um dos lados das plantas, o que promoveria um aumento na disponibilidade do nutriente. Porém, a abertura do sulco pode resultar no corte de raízes do cafeeiro. Aparentemente isso não acarretaria maiores problemas, pois o crescimento radicular do cafeeiro na região onde ocorre o corte de raízes é intenso, exceto quando são aplicados outros fertilizantes minerais ou orgânicos junto com o adubo fosfatado (MARTINS, 2008).

Em áreas com acentuada declividade, uma prática muito utilizada é a aplicação dos fertilizantes em meia-lua, no lado de cima da cova. Essa técnica tem implicações importantes, no que se refere à adubação fosfatada, em razão da reduzida mobilidade do P no solo, o que leva a questionar sobre o aproveitamento

pela planta do fertilizante fosfatado aplicado de forma localizada. A aplicação localizada aumenta o aproveitamento e o efeito residual do adubo fosfatado. É coerente afirmar que a aplicação de P deva ser realizada a cada dois ou três anos, não anualmente (NOVAIS et al., 1999).

2.2.2.2. Concentrações

Considerando um solo com baixo teor de P e elevada capacidade de adsorção, Ribeiro et. al. (1999) recomenda uma dose de 80 kg.ha^{-1} de P_2O_5 para uma produtividade maior que 60 sc.ha^{-1} de café arábica. Nas mesmas condições, Raji et al. (1997) relatam que, para uma produtividade maior do que 80 sc.ha^{-1} de café arábica, a dose deve ser 100 kg.ha^{-1} de P_2O_5 . Como se nota, os autores recomendam doses equivalentes para uma mesma produção. O que não poderia deixar de ser, pois as tabelas de adubação são construídas a partir de extensa experimentação em campo, bem como de um tratamento estatístico adequado para determinação das doses mais eficientes.

Em artigo recente, entretanto, Guerra et al. (2007) recomendam, sem considerar os teores de P presentes no solo, a elevada dose de $300 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ 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.

Aplicações 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, a uma redução na produção por área (NOVAIS et al., 1999).

Como já explicado, a eficiência da adubação fosfatada depende da dose adicionada, do volume de solo fertilizado, do tempo de reação do P com o solo e da sua capacidade de adsorção. Portanto, a dose não é o único fator a ser considerado quando se fornece P às plantas, pois, tão importante quanto à dose, é a forma de aplicação (GUERRA et al., 2007).

Em alguns casos, a ausência de resposta à aplicação dos fertilizantes fosfatados, ou o estabelecimento de elevadas doses, pode ser, entre outras causas, consequência da aplicação não muito adequada do adubo. Por isso, antes de se

generalizar a aplicação de elevadas doses de P, seria prudente que o produtor esperasse mais resultados de pesquisas que viessem a confirmar essa prática. Até lá, pode-se considerar que o enorme número de pesquisas, já realizadas sobre o tema, não esteja completamente equivocado (NOVAIS et al., 1999).

2.2.3. Efeito da Deficiência de P no Desenvolvimento da Planta

O estresse moderado de P pode não produzir sintomas evidentes de deficiência. Porém, sob deficiência mais severa, as plantas adquirem coloração que varia de verde-escura a púrpura. A deficiência de P pode reduzir tanto a respiração como a fotossíntese; porém, se a respiração reduzir mais que a fotossíntese, os carboidratos se acumulam, deixando as folhas com coloração verde-escura (GRANT et al., 2001).

Sendo móvel na planta, a deficiência é observada primeiro nas folhas mais velhas. Embora a deficiência extrema de P possa resultar em algum amarelecimento das folhas, o sistema mais comum que aparece inicialmente é uma cor verde-escura sem brilho, ou verde-azulada, tornando-se difícil, nesta fase, o seu reconhecimento em condições de campo (SENGIK, 2005).

Os sintomas de deficiência de P incluem diminuição na altura da planta, atraso na emergência das folhas e redução na brotação e desenvolvimento de raízes secundárias, na produção de matéria seca e na produção de sementes. As plantas podem mostrar sintomas de falta de Cu, Fe, Mn e Zn, pois o excesso de fósforo diminui a absorção ou o transporte para a parte aérea (MALAVOLTA, 2006).

2.3. Fontes de Fósforo

Uma das fontes naturais de P no solo é a matéria orgânica, como os resíduos orgânicos que possam ser adicionados ao solo, como esterco e restos de culturas. A farinha de ossos, com cerca de 30% de P_2O_5 , foi a primeira fonte de P bastante utilizada no passado. Sendo considerado o uso de ossos moídos (até esqueletos humanos) como o marco inicial da indústria de adubos (FURTINI NETO et al., 2001).

Entre os adubos comerciais têm-se:

➤ **Fosfatos Naturais:**

São fertilizantes que possuem o P na sua quase totalidade na forma não assimilável pelas plantas e são totalmente insolúveis em água (SENGIK, 2005).

No caso dos fosfatos naturais, a aplicação em menor volume de solo pode diminuir a taxa de solubilização desse tipo de fertilizante. Dentro dessa lógica, seria correto pensar que os fosfatos naturais devem reagir com o solo para dissolverem-se, sendo necessário misturá-los intimamente a um maior volume, para se ter eficiência máxima (MARTINS, 2008).

Como exemplos de alguns fosfatos naturais temos: Apatita de Araxá (35% P_2O_5), de Jacupiranga (36% P_2O_5), fosfato de Alvorada (30% P_2O_5) e de Aruba (25% P_2O_5).

Entretanto para que se tenha uma boa eficiência agrônômica, as doses de fosfatos naturais podem ser aumentadas para solos ácidos, em formas de pó bem fino e incorporado ao solo, no caso de pastagens ou culturas perenes tolerante à acidez (FURTINI NETO et al., 2001).

➤ **Superfosfato Simples**

São basicamente obtidos a partir de matéria prima rica em P (apatitas e fosforitas), que são tratadas com ácido sulfúrico resultando no superfosfato simples com 20% de P_2O_5 total, 18% de P_2O_5 solúvel em água, com 12% de enxofre e 20% de cálcio (SENGIK, 2005).

Fertilizantes superfosfato simples são uma mistura de fosfato monocálcico com gesso, onde o $CaSO_4$ representa 50% em peso. Assim, uma fosfatagem corretiva com superfosfato simples, indiretamente, promove uma gessagem (FURTINI NETO et al., 2001).

➤ **Superfosfato Triplo**

São obtidos de rochas fosfatadas com alto teor de P e baixo de óxidos de Fe e de Al, tratadas com ácido fosfórico, resultam em um adubo com 48% de P_2O_5

total e 43% solúvel em água (SENGIK, 2005), afirmativa similar a Furtini Neto et al. (2001) que constataram que o superfosfato triplo obtém de 44 a 52% de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico a 2%, porém diferentemente de Sengik (2005), afirma ser 90% solúvel em água.

➤ **Termofosfatos**

Os termofosfatos são obtidos por tratamento térmico de rochas fosfatadas em misturas com silicatos de magnésio. No processo de fusão podem ainda ser misturadas fontes de micronutrientes, obtendo-se, neste caso, um fertilizante enriquecido nos mesmos (FURTINI NETO et al., 2001).

São adubos que resultam em um material vítreo que moído apresenta 19% de P_2O_5 total, 30% de óxido de cálcio, 18% de óxido de magnésio, com traços de fósforo solúvel em água. Exemplo: Yoorin (SENGIK, 2005).

Furtini Neto et al. (2001), já descreve que os termosofatos têm cerca de 16% P_2O_5 solúvel em ácido cítrico, cerca de 26% CaO, 15% MgO. E são muito eficientes para fosfatagem corretiva em solos levemente ácidos.

➤ **Fosfato diamônio (DAP)**

É um fertilizante misto com N e fósforo, contém 18% de N e 46% de P_2O_5 total e solúvel em água. As aplicações e recomendações de fósforo podem variar de 0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹ de P_2O_5 solúvel em água em função dos teores de fósforo no solo (SENGIK, 2005).

➤ **Fosfato Monoamônico (MAP)**

É um adubo semelhante ao DAP, resulta da reação do amoníaco com o ácido fosfórico, resultando em um adubo misto com 11% de N e 50% de P_2O_5 (SENGIK, 2005).

O MAP apresenta 11% de N e 48 a 55% de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico a 2%, enquanto que o DAP apresenta 18% de N e 46 a 53% de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico a 2%. Ambos tem tido seu uso muito aumentado nos últimos anos, tanto para

uso como fertilizante simples quanto para preparar formulados sólidos de alta concentração. Também por serem completamente solúveis em água, são usados para preparo de fertilizantes fluidos e em fertirrigação (FURTINI NETO et al., 2001).

➤ **Ácido Fosfórico**

O ácido fosfórico usado como fertilizante apresenta de 52 a 54% de P_2O_5 . Tem sido usado em fertirrigação, principalmente em irrigação por subsuperfície, pois, a sua acidez evita a penetração de raízes nas tubulações (FURTINI NETO et al., 2001).

2.4. Micronutrientes

Os micronutrientes são Fe, Cu, Mn, Zn, Mo_4 , BO_3 e Cl. O agrupamento dos micronutrientes em cátions (Fe^{++} , Mn^{++} , Zn^{++} e Cu^{++}) e ânions (BO_3^- , Cl^- , Mo_4^-) facilita o entendimento do seu comportamento em relação aos colóides do solo, bem como da sua disponibilidade. Como todo o ânion o B, Cl e Mo sofre os efeitos de uma maior lixiviação, uma vez que não são facilmente adsorvidos aos colóides do solo. Solos com baixos teores de argila, ácidos e com baixo teor de matéria orgânica são potencialmente deficientes em micronutrientes. A quantidade e a disponibilidade de micronutrientes para as plantas depende muito da mineralogia das rochas que dão origem aos solos, havendo íntima correlação entre o teor de argila e o conteúdo de micronutrientes. A matéria orgânica imobiliza os micronutrientes na forma de compostos orgânicos, que se por um lado protegem os nutrientes, por outro, reduz a sua disponibilidade para as plantas, devido à formação de quelatos (SENGIK, 2005).

No entanto, a preocupação é cada vez maior com a disponibilidade de micronutrientes no solo. Entre as principais razões, destacam-se (FURTINI NETO et al., 2001):

- Cultivo intensivo em solos com alta fertilidade natural, levando-os à exaustão;
- Cultivo em solos de baixa fertilidade natural, ou seja, deficientes;

- Uso inadequado de calagem, com elevação excessiva do pH do solo e conseqüente redução da disponibilidade de micronutrientes;
- Uso crescente de fertilizantes mais concentrados, com menores quantidades de micronutrientes como impurezas.

Contrariamente aos micronutrientes catiônicos, o molibdênio (Mo_4^-) ocorre na solução do solo na forma aniônica e sua atividade aumenta com o aumento de pH. Em solos ácidos e com alto teor de óxidos hidratados de Fe e Al, a forte adsorção do molibdato reduz em muito a disponibilidade deste micronutriente. Através da calagem pode-se corrigir uma provável deficiência de Mo, pois a injeção de íons OH^- na solução do solo, força a desorção de íons molibdato (FURTINI NETO et al., 2001).

A deficiência de Mo promove mudanças metabólicas e no desenvolvimento da planta. O Mo é importante para FBN no solo e nas transformações do mesmo nas plantas. Leguminosas (soja, feijão) e brássicas (couve-flor, repolho, brócolis) são especialmente sensíveis a deficiência de Mo (SENGIK, 2005).

As exigências em Mo dependem da forma de fornecimento de N, mais elevadas quando ocorre como NO_3^- . Nos nódulos radiculares fixadores de N, o Mo toma parte da enzima nitrogenase, que reduz o N molecular. As exigências em Mo são mais elevadas nessas plantas quando dependem da fixação de N, e uma limitação no fornecimento de Mo provoca, inicialmente, uma deficiência de N. As necessidades quantitativas de Mo pelas plantas estão entre as menores dentre os elementos essencialmente conhecidos (CASTRO et al., 2005).

O Cl é necessário à fotossíntese, sendo um nutriente móvel na planta. Em excesso, provoca clorose e necrose foliar mas sua carência reduz o crescimento vegetativo em mais de 50 %, provocando o aparecimento de folhas murchas por clorose e necrose, bem como o atrofiamento das raízes. Inicialmente, os sintomas acentuam-se nas zonas mais velhas das plantas (FURTINI NETO et al., 2001).

A disponibilidade de cloretos na natureza é muito alta, e esse elemento normalmente encontra-se nos tecidos das plantas em concentrações superiores a 0,1% da matéria seca, muito acima das necessidades nutricionais (CASTRO et al., 2005). O Cl ocorre na solução do solo na forma do íon Cl^- e tem comportamento muito similar ao NO_3^- quanto à adsorção em cargas positivas, sendo o micronutriente com menor poder de adsorção nos solos, facilmente lixiviado (FURTINI NETO et al., 2001). O Cl é um micronutriente que não tem sido

constatado sua deficiência nas plantas, pois as quantidades no ar e no solo tem sido suficientes para atender as necessidades das plantas. O Cl é necessário para a decomposição fotoquímica da água liberando o oxigênio (CASTRO et al., 2005; SENGIK, 2005).

As deficiências que mais têm sido constatadas no Brasil em regiões cafeeiras são as de B e Zn.

Em se tratando do cafeeiro a falta de B e de Zn é muito comum, portanto, os dois elementos devem fazer parte do programa de adubação no solo, complementada se necessário, com aplicações foliares (MALAVOLTA, 1989).

A adubação fosfatada em excesso pode prejudicar a assimilação de micronutrientes como Fe e Zn. O Zn é um dos micronutrientes, cuja deficiência é relativamente comum, principalmente por ser baixa a sua quantidade no solo (SENGIK, 2005).

2.4.1. Boro

O B é bastante imóvel na planta e importante no metabolismo do DNA (ácido desoxirribonucléico), RNA (ácido ribonucléico) e AIA (ácido indol acético). É essencial para a germinação dos grãos e formação das sementes. O B forma complexos açúcar/borato relacionados com a translocação de açúcares e é importante na formação de proteínas (SENGIK, 2005).

Um fornecimento limitado de B provoca uma redução no crescimento, particularmente da raiz, o que parece estar relacionado com um efeito na alongação celular. A exigência em B é comparativamente mais elevada para a germinação de pólen e crescimento do tubo polínico, aspecto que em espécies exigentes como a videira, pode provocar uma redução na produção, sem afetar o desenvolvimento vegetativo da planta. Ainda que não se conheça o mecanismo, parece existir uma relação direta entre esse elemento mineral com o metabolismo e transporte dos açúcares na planta (CASTRO et al., 2005).

Na faixa de pH da maioria dos solos cultivados (levemente ácidos), o B ocorre na solução do solo na forma de ácido bórico não dissociado (H_3BO_3). É, portanto, o único nutriente que ocorre na solução na forma neutra, sendo muito suscetível a perdas por lixiviação (FURTINI NETO et al., 2001).

Os teores foliares e de solo adequados de B para o cafeeiro são respectivamente, de 40 a 80 mg dm⁻³ e 0,5 a 1,0 mg dm⁻³ (MATIELLO, 2006).

O sintoma da deficiência em B é a morte do broto apical do ramo principal dos ramos laterais. No tomate e eucalipto a deficiência de B pode promover a rachadura do caule. Em cafeeiro e citrus a formação de novos ramos resulta em superbrotamento, originando o aspecto em roseta (SENGIK, 2005).

No cafeeiro a deficiência de B se traduz pela morte da gema terminal e pelo brotamento das laterais, o que dá à ponta do galho um aspecto de leque. As folhas são pequenas, deformadas e amareladas. Os sintomas são mais freqüentes nos períodos de seca, porque então a falta de água determina a paralisação na atividade dos microrganismos existentes na matéria orgânica (fonte natural do B para as plantas). A carência de B está bastante espalhada em São Paulo e nas regiões cafeeiras do Estado de Minas Gerais, devido à intensificação na adubação mineral em formulações NPK causando maiores colheitas, portanto, maiores extrações. Para prevenir ou corrigir a deficiência, recomenda-se fazer duas aplicações de 10 a 30 gramas de bórax por pé, aplicando-se ao redor da planta no período que vai de setembro a março. Esse processo de aplicação não produz resultados visíveis imediatamente, porém, de efeito duradouro, podendo demorar seis meses ou um ano para que os sintomas desapareçam (MALAVOLTA, 1989).

Portanto, o B é um regulador de metabolismo necessário à translocação de açúcares. A carência de B afeta os órgãos de reserva e desorganiza os meristemas, causando a morte das extremidades caulinares. A deficiência de B em geral retarda o crescimento das plantas afetando primeiro os pontos de crescimento e as folhas novas, atinge também a floração originando frutos e sementes anormais (CASTRO et al., 2005).

2.4.2. Zinco

Nos solos das regiões tropicais uma alta proporção do Zn se encontra nas formas adsorvidas na argila e na matéria orgânica, sendo freqüente a deficiência do elemento em muitas culturas, devido a baixas reservas ou disponibilidade ambas as coisas (FAQUIN, 2005).

Ocorre na solução do solo na forma de Zn²⁺, que também é a forma absorvida pelas plantas. Sua concentração diminui cerca de 100 vezes para cada

aumento de uma unidade de pH. Em solos com adequado teor de matéria orgânica, a maior parte do Zn da solução ocorre em formas complexadas ou quelatos com radicais orgânicos. Assim, em solos com pH mais elevado e/ou com baixo teor de matéria orgânica a deficiência de Zn pode ser um sério problema (FURTINI NETO et al., 2001).

Os teores foliares e de solo adequados de Zn para o cafeeiro são respectivamente, de 10 a 20 mg dm⁻³ e 1,5 a 3,0 mg dm⁻³ (MATIELLO, 2006).

Devido a pouca disponibilidade, os sintomas de deficiência de Zn se manifestam nas folhas mais novas. Os sintomas mais típicos da carência do elemento consistem no encurtamento dos internódios e na produção de folhas novas pequenas, cloróticas e lanceoladas e formação de furtos na ponta de ramos das plantas perenes (roseta de laranjeiras, cafeeiro e pessegueiro) ou plantas anãs (milho, arroz, cana de açúcar) (FAQUIN, 2005).

O Zn está intimamente ligado as áreas de crescimento da planta, por ser responsável pela formação de ácido indol-acético (AIA). O excesso de calagem ou aplicação excessiva de fosfatos pode levar a planta aos sintomas de deficiência de Zn. Também no caso do Zn, é comum o aparecimento de deficiência acentuada após a poda, sendo que casos mais graves podem levar a planta à morte. Esse nutriente não é translocado dentro da planta, aparecendo, pois os sintomas de deficiência primeiramente nas folhas mais novas e outras partes da planta (GUIMARÃES et al., 1998).

Adubações pesadas com P podem induzir deficiência de Zn. As possíveis causas atribuídas a este antagonismo são a precipitação de compostos de P - Zn no solo; inibição não competitiva no processo de absorção; menor transporte de Zn das raízes para a parte aérea e, principalmente, o “efeito de diluição”. O efeito de diluição pode ser entendido como a diminuição do teor de um determinado nutriente na matéria seca (no caso o Zn), devido ao crescimento da planta em resposta à aplicação de outro nutriente deficiente no meio (no caso o P). Assim, o crescimento da planta em resposta à aplicação do P, pode diluir o teor de Zn na matéria seca a valores abaixo do nível crítico, favorecendo o aparecimento de sintomas de deficiência do micronutriente. O Zn é transportado das raízes para a parte aérea pelo xilema, na forma de Zn²⁺, o que talvez se explique pela baixa constante de estabilidade dos quelantes orgânicos. Este fato ajuda a entender a diminuição do transporte do Zn no xilema, com o aumento do P no meio, devido à precipitação do

micronutriente pelo fosfato. O Zn é pouco móvel na planta, particularmente nas plantas deficientes. Por isso os sintomas de carência aparecem nos órgãos mais novos (FAQUIN, 2005).

A sua deficiência é bastante comum em solos arenosos, ácidos e lixiviados, ou ainda, em solos com baixo teor de Zn em que foi feita adubação fosfatada elevada, devido à interação negativa P x Zn. O Zn está intimamente associado à matéria orgânica do solo, de modo que a erosão e o nivelamento do solo podem agravar a deficiência do mesmo (SENGIK, 2005).

O sintoma de deficiência ocorre nas áreas de crescimento da planta, as folhas são pequenas, estreitas e tortas. As nervuras das folhas formam uma rede verde contra fundo pálido e forma-se uma faixa verde estreita ao longo da nervura principal. Sintoma característico da deficiência de Zn são as folhas novas quebradiças de aspecto coriáceo. Os ramos se apresentam com poucas folhas e é comum a queda dessas. Também devido à função do Zn nas áreas de crescimento da planta, ocorre o encurtamento de internódios formando-se uma roseta nas pontas dos galhos, a que os cafeicultores chamam comumente de “vassoura de bruxa” (GUIMARÃES et al., 1998).

Falta de Zn no cafeeiro pode ser controlada mediante a pulverização de sulfato de zinco a 0,6% em novembro e fevereiro, juntando-se adesivo. Estudos mostraram que se fazendo pulverizações a baixo volume por meio de aviões, é possível empregar-se concentrações de 2-4%, conseguindo-se aumentar o nível de Zn nas folhas sem queimá-las (MALAVOLTA, 1989).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local do Experimento

O experimento foi realizado no período de setembro de 2007 a outubro de 2008, na Fazenda Grama, município de Guaxupé (MG), cujas coordenadas são: - 21° 17' 05" (latitude) e 46° 38' 41" (longitude) e 988 m de altitude. O clima da região na época da do experimento pode ser visto na Tabela 1. O solo é um Latossolo Vermelho Eutrófico (Tabela 2), declividade de 3% e elevado teor de argila (48%).

Tabela 1 - Componentes climáticos de Fazenda Grama - Guaxupé.

2007/08	UR	Evapotranspiração	Precipitação	T°C x	T°C x	T°C x
	%	mm	mm	Máx.	Min.	média
Setembro	49,7	80,7	23,0	29,7	16,1	22,9
Outubro	58,0	89,6	103,8	30,6	18,1	24,3
Novembro	71,2	88,7	157,2	27,6	17,9	22,7
Dezembro	71,3	91,6	151,2	28,6	18,4	23,5
Janeiro	70,2	103,5	265,6	27,1	18,5	22,8
Fevereiro	67,6	94,5	178,4	28,1	18,5	23,3
Março	74,8	109,1	234,9	27,5	17,2	22,3
Abril	73,5	85,2	175,1	26,3	16,7	21,5
Maio	70,5	84,4	30,3	24,0	12,5	18,2
Junho	70,3	78,1	3,6	24,1	13,2	18,6
Julho	58,0	84,5	0,0	24,6	10,6	17,6
Agosto	59,0	86,5	12,2	27,2	14,2	20,7
Setembro	44,6	90,7	76,5	27,0	14,5	20,7

Fonte: Adaptado de COOXUPÉ. Base de dados da estação meteorológica convencional

Tabela 2 - Resultado análise de solo para instalação do experimento

	pH	M.O.	P₂O₅	K₂O	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V	Zn	Fe	Mn	Cu	B
cm	H₂O	dag kg⁻¹	mg dm⁻³		cmol_c dm⁻³						%	mg dm⁻³				
0-10	6,2	3,28	20,1	145	5,4	1,3	0,0	2,5	7,0	9,6	74	6,0	24	46	3,9	0,62
10-20	6,0	2,87	11,3	123	4,9	1,4	0,0	2,5	6,6	9,1	73	3,7	27	37	4,3	0,50
20-40	5,6	1,75	5,9	90	3,1	0,9	0,1	2,7	4,2	6,9	61	2,3	34	29	3,5	0,64

Laboratório de Análise de Solos e Folhas da EAFMuz

3.2. Variedade

A variedade de café utilizada foi o mundo novo IAC 379-19, com 44 anos de plantio, recém-recepado (29/08/2007) (Figura 1 e 2), mantendo-se de 2 a 3 brotos por cova e cada cova na maioria possui plantio duplo (2 plantas). A lavoura está instalada em espaçamento de 4 m entrelinhas e 2 m entre as covas.

3.3. Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com oito tratamentos e quatro repetições, com a aplicação dos tratamentos ocorrendo no dia 13/11/2007. As parcelas experimentais foram constituídas por seis plantas (Figura 3). Os tratamentos utilizados foram de acordo com a dosagem de P₂O₅ e fonte, sendo:

T1 = 0 kg P₂O₅ ha⁻¹ – testemunha;

T2 = 53,3 kg P₂O₅ ha⁻¹ (200 g cova⁻¹) - fonte termosfosfato – Yoorin (Mitsui);

T3 = 106,5 kg P₂O₅ ha⁻¹ (400 g cova⁻¹) – fonte termosfosfato – Yoorin (Mitsui);

T4 = 213 kg P₂O₅ ha⁻¹ (800 g cova⁻¹) – fonte termosfosfato – Yoorin (Mitsui);

T5 = 426 kg P₂O₅ ha⁻¹ (1600 g cova⁻¹) – fonte termosfosfato – Yoorin (Mitsui);

T6 = 852 kg P₂O₅ ha⁻¹ (3200 g cova⁻¹) – fonte termosfosfato – Yoorin (Mitsui);

T7 = 1704 kg P₂O₅ ha⁻¹ (6400 g cova⁻¹) – fonte termosfosfato – Yoorin (Mitsui);

T8 = 400 kg P₂O₅ ha⁻¹ (1333 g cova⁻¹) – fonte superfosfato simples – Bunge;

A composição química do termofosfato da empresa Mitsui com nome comercial Yoorin Máster 1 S é 16,0% P₂O₅ total, destes 12,0% solúvel em ácido cítrico; 16,0% Ca; 6,0% Mg; 6,0% S; 0,1% B; 0,05% Cu; 0,15% Mn; 0,55% Zn e; 9,0% Si. A composição química do superfosfato simples utilizado é 18% P₂O₅ solúvel em ácido cítrico; 18% Ca e; 14% S.

3.4. Práticas Culturais

Procedeu-se a capina das parcelas por meio de enxada na linha e roçada mecanizada na entrelinha. Para controle do bicho mineiro (*Leucoptera coffeella*), foi feito à aplicação de 2 kg ha⁻¹ de Thiamethoxam (Actara 250 WG), principal praga do cafeeiro na região. A desbrota ocorreu nos dias 04/01 e 16/09 de 2008 deixando-se somente as hastes principais.

3.5. Análise do Teor Foliar dos Elementos

Porcentagem de nutrientes concentrados nos tecidos, utilizando-se folhas representativas da parcela, num total de 25 folhas por tratamento, realizado no dia 13/03 e 13/10/2008.

As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Solo e Tecido Vegetal da Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho (MG) para determinação dos teores dos nutrientes. A lavagem se deu em três etapas: água + detergente; água e; água deionizada. Em seguida foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar à 65°C por 48 horas e moídas em moinho tipo Willey com peneira de malha de 1,0 mm.

A digestão das amostras foi nitro-perclórica para todos os elementos, exceto N e B via catalítica e via seca, respectivamente (SARRUGE; HAAG, 1974). Os métodos empregados foram: K (espectrometria de chama); P (colorimetria do metavanadato); S (turbidimetria do sulfato de bário); Ca, Mg, Zn, Cu, Mn e Fe (espectrofotometria de absorção atômica); B (colorimetria da azometina-H) e N (semimicro-Kjeldahl), descritos por Malavolta et al. (1997).

3.6. Análise de Nutrientes no Solo

Foi realizada a coleta das amostras de solo de cada tratamento no dia 16/09/2008, nas profundidades de 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm em cada parcela.

As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Solo e Tecido Vegetal da Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho (MG), as quais foram colocadas para secar ao ar, na sombra, e passadas em peneira com malha de 2 mm de abertura (TFSA). Os métodos empregados para analisar as amostras foram os seguintes (LOPES, A. S.1999; EMBRAPA 1997):

pH em H₂O;

Carbono orgânico: Método Walkley & Black (via úmida com dicromato de K);

Cálcio, Magnésio, Acidez trocável: Método KCL 1mol L⁻¹ ;

Acidez potencial: Método SMP;

Fósforo, Potássio, Zinco, Manganês, Ferro, Cobre - disponível: Método Mehlich (Extrato Sulfúrico);

Enxofre - disponível: Método Hoeft et al. (Ba CL₂);

Boro – disponível: Método água quente

3.7. Análise Estatística

As análises estatísticas foram realizadas pelo software SISVAR 2003, versão 5.0.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados das concentrações de B e Zn no solo apontaram existir diferenças altamente significativas entre os tratamentos empregados na profundidade de 0 a 10 cm. A análise de 10 a 20 cm não apresentou diferença estatística, tanto para a concentração de B, quanto para Zn no solo, em função da aplicação de adubos fosfatados no cafeeiro, 300 dias após aplicação (daa).

Estatisticamente, quanto ao teor de B na camada de 0 a 10 cm, os tratamentos T4, T5, T6 e T7 são iguais e superiores aos demais, porém T4 e T5 não se diferiram dos demais tratamentos que foram inferiores. O tratamento com 300 kg de P_2O_5 , na forma de superfosfato simples, foi o tratamento que resultou na menor concentração de B no solo, devido ao fato deste fertilizante ser isento deste elemento (Tabela 3). Resultado idêntico foi observado quanto ao teor de Zn, porém o menor valor foi observado na testemunha (0 kg de P_2O_5 ha^{-1}), com 1,03 mg dm^{-3} de Zn na camada de 0 a 10 cm. Os valores observados nos tratamentos em que empregou-se as maiores dosagens de termofosfato, estão acima do recomendado por Matiello et al. (2006) que é considerado alto acima de 10 e 1,0 mg dm^{-3} , respectivamente para Zn e B.

O aumento da dosagem do fertilizante à base de termofosfato está diretamente relacionado com o aumento das concentrações de B e Zn no solo, na camada de 0 a 10 cm, atingindo a máxima concentração no solo (9,15 mg dm^{-3} de B e 21,80 mg dm^{-3} de Zn) na dosagem de 800 kg de P_2O_5 ha^{-1} (T6). Isso se deve ao fato do fertilizante termofosfato possuir na sua constituição 0,1% de B e 0,55% de Zn, ou seja, com o aumento da dosagem eleva-se a concentração do elemento no solo.

Os teores de B e Zn foliar na avaliação aos 120 daa não apresentou diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 4), porém estão dentro do recomendado por Matiello (2006), que recomenda teores de B de 40 a 80 mg dm^{-3} , porém, os teores de Zn estão abaixo do indicado que é de 10 mg dm^{-3} .

Os resultados dos teores de B e Zn foliar aos 350 daa apontaram existir diferenças altamente significativas entre os tratamentos empregados, com valores absolutos de B menores que a avaliação aos 120 daa, comum a época avaliada (MALAVOLTA, 1992). Com relação ao teor foliar de B, estatisticamente, o tratamento que empregou 400 kg de P_2O_5 ha^{-1} (T5) foi superior aos tratamentos T2

e T3 (Tabela 4). Em contrapartida, o teor de Zn foliar também teve no T5 o menor valor (4,72 mg dm⁻³), estatisticamente similar ao T8 (4,77 mg dm⁻³) e ao T7 (5,40 mg dm⁻³), sendo este último similar aos demais tratamentos, que foram superiores (Tabela 4).

Tabela 3 – Concentração de B e Zn na camada de 0 – 10 e 10 – 20 cm em solo cultivado com cafeeiro recepado aos 300 dias após aplicação de diferentes doses de P₂O₅ na forma de Termofosfato e Superfosfato Simples. Guaxupé, 2008

Tratamentos	B		Zn	
	profundidade (cm)			
	0-10	10-20	0-10	10-20
Fontes e Doses	mg dm ⁻³			
T1 (0 kg P ₂ O ₅ há ⁻¹) – Testemunha	0,68 b	0,44 a	1,03b	0,83 a
T2 (53,3 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹) – Termofosfato	1,08 b	0,85 a	2,11b	2,07 a
T3 (106,5 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹) – Termofosfato	1,60 b	0,94 a	2,28b	0,87 a
T4 (213 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹) – Termofosfato	5,64ab	1,95 a	14,04a	1,60 a
T5 (426 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹) – Termofosfato	4,08ab	2,69 a	18,64a	1,60 a
T6 (852 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹) – Termofosfato	9,15a	3,48 a	21,80a	3,16 a
T7 (1704 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹) – Termofosfato	7,56a	3,40 a	20,10a	2,01 a
T 8 (400 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹) – Superfosfato simples	0,59 b	0,57 a	2,23b	1,12 a
C.V.%	84,26	104,46	82,40	76,75

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo Teste de Duncan

Tabela 4 – Teor foliar de B e Zn em brotos de cafeeiro recepado aos 120 e 350 dias após aplicação (daa) de diferentes doses de P₂O₅ na forma de Termofosfato (TF) e Superfosfato Simples (SFS). Guaxupé, 2008

Tratamentos	B		Zn	
	mg dm ⁻³			
	120 daa	350 daa	120 daa	350 daa
Fontes e Doses				
T1 (0 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹) -Testemunha	82,82 a	67,27 ab	6,65 a	6,75 a
T2 (53,3 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹) -Termofosfato	80,10 a	56,32 b	7,20 a	6,70 a
T3 (106,5 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹) -Termofosfato	79,55 a	55,97 b	6,65 a	6,75 a
T4 (213 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹) -Termofosfato	77,60 a	67,25 ab	7,12 a	6,22 a
T5 (426 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹) -Termofosfato	85,75 a	73,15 a	6,02 a	4,72 b
T6 (852 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹) -Termofosfato	78,75 a	63,47 ab	6,95 a	6,37 a
T7 (1704 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹) -Termofosfato	85,25 a	67,45 ab	7,12 a	5,40 ab
T8(400kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹) - Superfosfato simples	87,42 a	58,67 ab	7,50 a	4,77 b
C.V.%	10,45	14,94	14,49	23,89

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo Teste de Duncan

5. CONCLUSÃO

- Doses crescentes de P_2O_5 , alteram os teores de Zn e B, tanto no solo quanto na folha, dependendo da fonte.
- Devido à baixa mobilidade do P no solo, necessita-se de mais avaliações, resultando de um estudo a longo prazo.

REFERÊNCIAS

ADUBAÇÃO DO CAFÉ. Disponível em: <<http://www.florestasite.com.br>> - Acesso em: 09 set. 2008.

CASTRO, P. R. C; KLUGE, R; PERES, L. E. P. **Manual de fisiologia vegetal.** Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 2005. 650 p.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solo:** Manual de Métodos de Análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. p. 212.

FAQUIN, Valdemar. **Nutrição mineral de plantas:** Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183 p.

FURTINI NETO, Antônio Eduardo; VALO, Fabiano Ribeiro do; RESENDE, Álvaro Vilela de et al. **Fertilidade do Solo.** Lavras: UFLA, 2001. 252 p.

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, 2001. Disponível em: <<http://www.ipni.org.br/ppiweb/brazil.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2008

GUIMARÃES, Rubens José; MENDES, Antônio Nazareno G. **Nutrição mineral do Cafeeiro.** Lavras: UFLA, 1998. 70 p.

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. *Irrigação & Tecnologia Moderna*, n. 73, 1o trimestre, p. 52-61, 2007.

LOPES, A. S.; VASCONCELLOS, C. A.; NOVAIS, R. F. de. Adubação Fosfatada em algumas culturas nos Estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro. In: OLIVEIRA, A. J. de; LOURENÇO, S.; GOEDERT, W. J. **Adubação Fosfatada no Brasil.** Brasília: EMBRAPA-DID, 1982. p.137-201.

LOPES, A. S.; ALVAREZ, V. V. H. Apresentação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais:** 5ª

Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

MALAVOLTA, E. **ABC da Adubação**. 5. ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1989. 292 p.

MALAVOLTA, E. **ABC da Análise de solos e folhas**: amostragem, interpretação e sugestões de adubação. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1992. 124 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.

MALAVOLTA, E. ; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e Adubações**. São Paulo: 2002. 200 p.

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

MARTINS, A. G. **Adubação fosfatada para o cafeeiro**. 2008. Disponível em: <<http://pocos-rural.blogspot.com/2008/07>>. Acesso em: 20 jul. 2008.

MATIELLO, J. B. (Coord.) **Cultura de café no Brasil**: manual de recomendações. Rio de Janeiro: IBC, 1974. 261p.

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

MATIELLO, J.B.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, S.R. **Adubos, corretivos e defensivos para lavoura cafeeira**. Varginha: PROCAFÉ, 2006. 83 p.

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

PRADO, R. M. **Café**. 2004. Disponível em: <http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/culturas/cafe/introducao.php>. Acesso em: 20 jul. 2008.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H; QUAGGIO, J.A; FURLANI, A.M.C. **Boletim Técnico 100**: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC, 1997. 285p.

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

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas.** Piracicaba: ESALQ. 1974. 54 p.

SENGIK, E. S. **Os macronutrientes e os micronutrientes das plantas.** 2005. Disponível em: <<http://www.dzo.uem.br/disciplinas/Solos/nutrientes.doc>>. Acesso em: 09 set. 2008.

ZAMBOLIM, Laércio. **Café: produtividade, qualidade e sustentabilidade.** Viçosa: UFV, 2000. 395 p.