

ESCOLA AGROTÉCNICA FEDERAL DE MUZAMBINHO
Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura

RÔMULO CARLOS BUENO RUELA

**CORRELAÇÃO ENTRE NUTRIENTES NO
CAFEEIRO RECEPADO SUBMETIDO A
DIFERENTES DOSES DE P₂O₅**

**Muzambinho
2008**

RÔMULO CARLOS BUENO RUELA

**CORRELAÇÃO ENTRE NUTRIENTES NO
CAFEEIRO RECEPADO SUBMETIDO A
DIFERENTES DOSES DE P₂O₅**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Cafeicultura, da Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, como requisito parcial à obtenção do grau de Tecnólogo em Cafeicultura.

Orientador: Dr. Marcelo Bregagnoli

**Muzambinho
2008**

COMISSÃO EXAMINADORA

José Mauro Costa Monteiro

Anna Lygia de Rezende Maciel

Dr. Marcelo Bregagnoli

Muzambinho, 09 de Dezembro de 2008

DEDICATÓRIA

Aos meus pais ao meu irmão e toda minha família.
A Lívia Nara pelo apoio e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus.

Aos meus pais por me incentivarem durante todo o curso, por me apoiarem e por me financiar durante estes três anos.

A minha namorada e amiga Lívia Nara o meu eterno amor e carinho (quem sabe o casamento sai logo), que esteve comigo durante esta jornada me apoiando e pela compreensão.

Aos colegas da república Rodo Sem Borracha Bruno Felipe e Juliano pela paciência.
Aos colegas de sala onde foram feitas sinceras e eternas amizades, além de proporcionarem momentos descontraídos e inesquecíveis.

*"Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo,
qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim."*

(Chico Xavier)

RUELA, Rômulo Carlos Bueno. **Correlação entre nutrientes no cafeeiro recepado submetido a diferentes doses de P₂O₅**. 2008. 37f. Trabalho de Conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura (Graduação) - Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, MG, 2008.

RESUMO

O café é um dos principais produtos de exportação do Brasil, sendo que o seu cultivo ocupa extensas áreas agrícolas do País. Dentro desse contexto, 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 (P) e interação com vários nutrientes. O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de verificar as interações existentes entre o P e os demais nutrientes com relação ao teor foliar, frente à aplicação, de diferentes doses de P₂O₅, em brotos de cafeeiro recepado. O experimento foi conduzido na Fazenda Grama, Guaxupé-MG a 988m de altitude em uma lavoura mundo novo IAC 379-19, com 44 anos de plantio. Onde se verificaram as possíveis interações entre os nutrientes.

Palavras-chave: Absorção *Coffea arabica*, Podas, Translocação.

RUELA, Rômulo Carlos Bueno. **Correlation among nutrients in recede coffee plants submitted to different doses of P₂O₅**. 2008. 37f. Completion of work (Graduate) – Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, MG, 2008.

ABSTRACT

Coffee is one of the main export products in Brazil; with the crops occupying large agricultural areas of the country. In this context, the methods for application of phosphate fertilizer becomes a vital role for the coffee production system when such crops are implemented in soil with high capacity in phosphor (P) retention and interaction among several nutrients. The current study was conducted in order to verify the interactions between the phosphor and other nutrients related to leaf, when exposed to the application of different doses of P₂O₅, in recede coffee sprouts. The experiment was conducted at Fazenda Grama, Guaxupé, MG, at an altitude of 988 meters, with a 44-year-old crop of Mundo Novo IAC 379/19 coffee; for the observation of the possible interactions among the nutrients.

Key-words: Absorption, *Coffea arabica*, Pruning, Translocation.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1. Absorção e translocação dos elementos minerais.....	12
2.2. Nutrição do cafeeiro	14
2.2.1. Macronutrientes	14
2.2.1.1. Nitrogênio (N)	14
2.2.1.2. Fósforo (P).....	14
2.2.1.3. Potássio (K)	15
2.2.1.5. Magnésio (Mg)	15
2.2.1.6. Enxofre (S)	16
2.2.2. Micronutrientes.....	16
2.2.3. Ferro (Fe).....	16
2.2.4. Manganês (Mn)	16
2.2.5. Cobre (Cu)	16
2.2.6. Boro (B).....	16
2.2.7. Molibidênio (Mo)	17
2.2.8. Cloro (Cl).....	17
2.3. Sintomas de deficiência de fósforo.....	17
2.4. Adubação fosfatada no cafeeiro	18
2.4.1. Fontes de fósforo	18
2.4.1.1. Superfosfato simples	20
2.4.1.2. Termofosfato	21
2.4.2. Formas no solo transformações e ciclos	21
2.5. Cafeeiro	23
2.6. Adubação da lavoura recepada	25
2.6.1. Respostas do fósforo.....	25
2.7. Formação da colheita.....	26
2.7.1. Interação entre nutrientes.....	26
3. MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1. Local do experimento	28
3.1.1. Variedade.....	29
Delineamento experimental.....	29
3.2. Práticas culturais.....	31
3.3. Análise do teor foliar dos elementos	31
3.4. Análise estatística	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5. CONCLUSÕES	35
REFERÊNCIAS	36

INTRODUÇÃO

O Fósforo (P) é um mineral muito importante para a vida, tanto dos animais quanto dos vegetais. Ele é um fator limitante da produção, principalmente nos trópicos, além de ser um mineral finito e insubstituível (SANCHES; SALINAS, 1981).

A planta em crescimento pode apresentar diferentes estádios na nutrição mineral, tendo em conta os balanços entre os suprimentos interno e externo de nutrientes e sua demanda pela planta. Inicialmente as plantas vivem de suas reservas na semente e o suprimento externo tem pouco efeito no crescimento. Em uma segunda etapa, com a elevação da taxa de crescimento ocorre o aumento no suprimento de nutrientes e a necessidade de um balanço dinâmico entre eles. Numa etapa final, a taxa de crescimento relativo pode diminuir, não sendo a nutrição o fator limitante de crescimento. 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.

As limitações na disponibilidade de fósforo no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de fósforo a níveis adequados. O suprimento adequado de fósforo é, pois, essencial desde os estádios iniciais de crescimento da planta.

O período de tempo requerido para a deficiência de P mostrar efeito nos processos da planta depende da grandeza da reserva de fósforo da mesma. Nos tecidos da maioria das plantas superiores, a maior parte do fósforo se encontra na forma inorgânica. As concentrações de fósforo inorgânico armazenadas tendem a variar amplamente dependendo da disponibilidade externa, enquanto as concentrações de fósforo orgânico ativo metabolicamente tendem a ser mais estáveis. Somente uma pequena quantidade de fósforo presente na planta está ativamente envolvida no metabolismo. Sob estresse de fósforo, as reservas inorgânicas são exauridas, enquanto os níveis metabólicos praticamente não são afetados. Assim, as altas concentrações de fósforo armazenadas na semente, ou provenientes do consumo de luxo nos estádios iniciais de desenvolvimento, formam as reservas de fósforo disponível que podem satisfazer as necessidades advindas das flutuações no suprimento, na fase tardia do ciclo de vida das plantas. A grande

maioria dos solos tropicais, incluindo os brasileiros, apresenta elevada capacidade de retenção de fósforo e baixos teores desse nutriente em formas disponíveis. Sendo assim, a adubação fosfatada realizada nessas regiões, dentro dos critérios atuais, demonstra-se pouco eficiente, visto que grande parte do nutriente adicionado será retida do solo.

O presente trabalho está sendo apresentado com o intuito de intensificar os estudos sobre as interações entre os nutrientes que foram avaliados, em análises de folhas representando assim a absorção pela planta.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A análise química dos tecidos vegetais pode revelar a presença de um número muito grande de elementos. Até mesmo sais de metais preciosos como ouro, prata e outros, podem ser encontrados nas plantas.

Praticamente qualquer elemento existente no solo em forma assimilável, pode ser absorvido pela planta. Não são muito raros os casos de intoxicação da planta em consequência da absorção excessiva de elementos que não são necessários a sua nutrição, como por exemplo, o alumínio (Al).

Os elementos químicos reconhecidamente essenciais ao desenvolvimento normal das plantas superiores são em numero relativamente pequeno. Sendo eles: carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), enxofre (S), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), boro (B), cobre (Cu), molibidênio (Mo) e cloro (Cl). Os três primeiros elementos as plantas retiram do gás carbônico do ar (CO₂) e da água (H₂O); todos os demais vem do solo. Os seis seguintes são chamados de macronutrientes, porque as plantas os requerem em quantidades apreciáveis; e os sete últimos são chamados micronutrientes, porque apesar de serem indispensáveis, a quantidade requerida pelas plantas é mínima, Catani (1954).

A Tabela 1 contém uma comparação entre as quantidades de macro e micronutrientes contidos em alguns produtos agrícolas.

2.1. Absorção e translocação dos elementos minerais

A via normal de absorção de água e nutrientes pelas plantas é o sistema radicular.

Embora outras partes, principalmente as folhas, possam absorver certa quantidade de elementos minerais, quando colocados em contato com elas, não se pode pensar em substituir em grande escala a absorção radicular pela foliar; embora haja casos em que a aplicação de micronutrientes, especialmente zinco, deva ser feita por via foliar.

Pensava-se antes que, os elementos minerais fossem simplesmente arrastados para o interior das plantas com a água absorvida pelas raízes; e que a sua distribuição pelas diferentes partes da planta, fosse feita pela corrente de

transpiração. Com esta hipótese não era possível explicar, sequer, a diferença existente entre a composição mineral dos tecidos da planta e a do meio em que ela cresce; e muito menos as diferenças na composição mineral das diferentes partes da planta. Sabe-se, hoje, que a absorção dos elementos minerais pelas raízes não é um simples fenômeno físico, passivo; mas, sim, um processo fisiológico, ativo, que requer energia para se dar, energia essa que se é obtida através do desdobramento dos compostos químicos (principalmente açúcares) pela respiração dos tecidos das raízes envolvidos no processo, Franco e Inforzato (1946).

A capacidade das plantas de absorver os elementos minerais do solo varia com as espécies e é mais notável em relação a alguns elementos, como ferro e zinco.

É devido a este fato, além da maior ou menor exigência, que, no mesmo solo, algumas espécies podem exibir sintomas de determinadas deficiências, enquanto outras, ao lado, mostram-se normais.

Tabela 1- Quantidade de macro e micronutrientes em alguns produtos

Elemento	Produto		
	Café (1)	Cana (2)	Milho (3)
Quilos			
Nitrogênio	1,00	132	40
Fósforo	0,07	18	6
Potássio	1,00	133	8
Cálcio	0,17	19	4
Magnésio	0,10	31	4
Enxofre	0,08	12	2
Gramas			
Boro	0,96	-	-
Cloro	-	-	600
Cobre	0,80	-	80
Ferro	3,60	3000	800
Manganês	1,20	1500	800
Molibdênio	0,003	1,6	-
Zinco	0,72	486	-

Fonte: (Malavolta, 1970).

(1) saco de 60Kg beneficiado; (20) 100 toneladas de colmo; (3) 2 toneladas de grãos.

Após a absorção pelas raízes, os elementos minerais caminham no interior da planta, principalmente pelos tecidos vasculares, sendo distribuídos e

redistribuídos de acordo com as exigências nutritivas. A redistribuição dos elementos móveis no interior da planta é um processo normal.

A translocação vertical dos elementos absorvidos pelas raízes dá-se normalmente através dos vasos lenhosos do xilema, acompanhando a corrente de água. A translocação lateral dos elementos minerais do xilema para o floema dá-se através dos elementos minerais no interior da planta. Assim, antes da queda das folhas velhas, alguns elementos minerais migram através do floema para outras partes da planta, onde são de novo utilizados, Evans (1966).

Parece que nenhum elemento mineral é translocado de folhas jovens, em crescimento ativo, para as partes mais velhas da planta; mas este “privilégio” das folhas novas vai desaparecendo a medida que elas se tornam adultas. Ao contrário, muitas vezes as folhas novas retiram ou “tomam” os elementos minerais móveis das folhas mais velhas, o que é fácil de se observar nos casos de deficiências minerais de N, P e Mg que são bastante móveis e cujos sintomas de deficiência aparecem primeiramente nas folhas mais velhas.

2.2. Nutrição do cafeeiro

2.2.1. Macronutrientes

2.2.1.1. Nitrogênio (N)

O nitrogênio que no solo é predominantemente absorvido como nitrato, NO_3^- , sofre dentro da planta conversão em amônia (NH_4) que se combina com “esqueletos” carbônicos para produzir aminoácidos. Estes se ligam dando as proteínas “a base física da vida”, Malavolta (1970).

2.2.1.2. Fósforo (P)

Este elemento toma parte na estrutura química de compostos essenciais ao metabolismo vegetal, a saber: ácidos nucleicos, fosfolipídios, algumas coenzimas e o trifosfato de adenosina, que é para os processos de armazenamento e transferência de energia no metabolismo das plantas. O P apresenta-se em maiores porcentagens nas sementes e nos frutos, sendo as folhas mais pobres nesse elemento, Malavolta (1970).

2.2.1.3. Potássio (K)

O K é ativador de meia centena de enzimas implicadas na fotossíntese, respiração, síntese de proteínas, etc.

A concentração mais alta de potássio é encontrada nos tecidos meristemáticos, de grande atividade, Malavolta (1970).

A dominância apical (controle do crescimento das gemas laterais pelo meristema da gema apical) desaparece, ou diminui muito, em varias plantas, no caso de deficiência de K. As raízes, os tubérculos e, em geral, as plantas que produzem amido ou açúcar, removem maiores quantidades de potássio do solo; as sementes e os tecidos maduros têm menor teor de K.

2.2.1.4. Cálcio (Ca)

A lamela média das paredes celulares é composta principalmente de pectatos de cálcio. Esta é, talvez, a função mais importante do Ca; ou, pelo menos, onde ele entra em maior quantidade. O Ca parece ser também indispensável à mitose, processo de reprodução celular, desde que a sua deficiência freqüente provoca anormalidade nesse processo. Ao contrario do que acontece com o P, as folhas são mais ricas em Ca do que os frutos e as sementes. É essencial para o desenvolvimento e o funcionamento das raízes (absorção de sais, por exemplo), Evans e Sorger (1966).

2.2.1.5. Magnésio (Mg)

O Mg toma parte na composição química da clorofila, que é indispensável ao processo da fotossíntese, este elemento funciona ainda como ativador de varias enzimas relacionadas com o metabolismo dos carboidratos e outras, envolvidas na síntese dos ácidos nucléicos. E parece, ainda, tomar parte no processo de síntese de proteínas e de outros compostos mal compreendidos pelos bioquímicos, Malavolta (1970).

2.2.1.6. Enxofre (S)

Nas plantas, o teor de S varia muito com as espécies. É particularmente alto nas espécies de Brassica.

Sua função mais evidente é a de tomar parte na composição de certas proteínas, na forma dos sufo-amino ácidos, cistina e metionina.

Outra função do S nas plantas é entrar na constituição química dos grupos sulfídricos, presentes em varias enzimas e coenzimas.

Há, ainda, nas plantas, vitaminas em cuja constituição entra o S, como biotina, tiamina e acido pantotênico, Sanches e Salinas (1963).

2.2.2. Micronutrientes

2.2.3. Ferro (Fe)

É indispensável à síntese de clorofila; mas o seu papel nesse processo ainda está por ser esclarecido. O Fe entra na composição de algumas proteínas envolvidas nos processos de oxidações, Malavolta (1970).

2.2.4. Manganês (Mn)

Está ligado principalmente aos processos de respiração e do metabolismo do N, onde funciona como ativador de enzimas, Evans e Sorger (1966).

2.2.5. Cobre (Cu)

Entra na composição química de algumas enzimas, como fenolases e lacases; parece ser esta a sua principal função, Malavolta (1970).

2.2.6. Boro (B)

Apesar de sua deficiência ter efeitos tão drásticos na planta, seu papel na bioquímica vegetal ainda esta por ser esclarecido. Há indicações de que o B esta ligado ao transporte de carboidratos no interior da planta, pois, a sua deficiência ocasiona um retardamento nesse processo ou mesmo a sua paralisação, razão da

morte de alguns tecidos, observada nos casos de grave deficiência de B. atua na multiplicação, no crescimento celular e na formação das paredes, Steward (1963).

2.2.7. Molibidênio (Mo)

Faz parte de uma enzima que reduz o nitrato absorvido pelas raízes permitindo assim a sua posterior conversão em amônia; faz parte de outra enzima (juntamente com o Fe) que promove a fixação do nitrogênio do ar pelos nódulos radiculares das leguminosas, Malavolta (1970).

2.2.8. Cloro (Cl)

É essencial para a reação fotossintética da água de que resulta a liberação de oxigênio, Malavolta (1970).

2.3. Sintomas de deficiência de fósforo

Freqüentemente, a deficiência de P afeta a produção, antes de se notar qualquer sintoma foliar. A maturação dos frutos torna-se demorada e a sua qualidade inferior.

Na deficiência de P aparecem com freqüência áreas necróticas nas folhas, que podem também ocorrer nos pecíolos e nos frutos. A planta se apresenta pouco desenvolvida e as áreas ainda vivas das folhas podem tomar coloração mais escura do que a normal, de um verde-azulado, Evans e Sorger (1966).

Em conseqüência da grande mobilidade do P e da tendência das folhas jovens de retirar os elementos móveis das velhas, estas são em geral as primeiras a apresentar sintomas de deficiência.

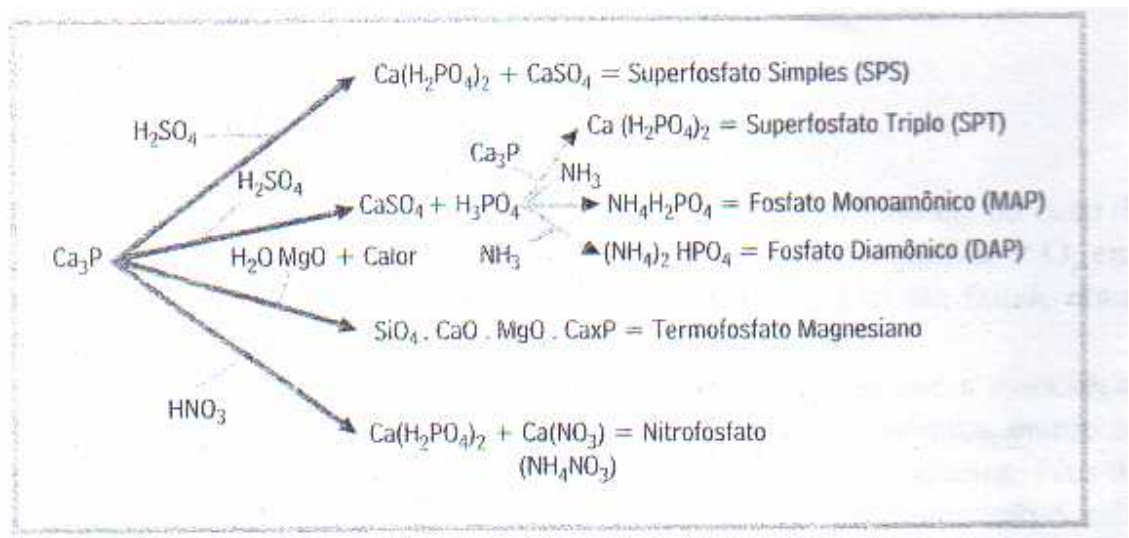
De maneira semelhante ao que se passa no caso de deficiência de N, a deficiência de P causa o aparecimento de uma coloração roxa ou vermelha, devido a presença de antocianina; e pode ocorrer a queda das folhas mais velhas. A presença de antocianina, entretanto, depende de um fator genético, que nem todas as plantas possuem: dentro da mesma espécie, há variedades que apresentam esse fator e outras, não, Wallace (1950).

2.4. Adubação fosfatada no cafeeiro

2.4.1. Fontes de fósforo

A matéria prima para a produção de adubos fosfatados é um mineral chamado genericamente de apatita, que pode ter origem ígnea, metamórfica ou sedimentar. No ultimo caso tem-se fosfato natural “mole”, às vezes denominado “reativo” ou “fosforita”. Os fosfatos que tem as duas primeiras origens recebem o nome de apatita. Para simplificar, pode-se designar o fosfato natural, independentemente da origem, como Ca_3P representando o processo de obtenção dos fosfatos solúveis como se vê na Figura 1, Malavolta (1981).

Figura 1- Principais vias de produção de adubos fosfatados.



Malavolta (1981, p. 99-106)

A Tabela 2, mostra a composição química e os dados de solubilidade dos principais adubos fosfatados e a Tabela 3 contém dados que correlacionam características do pH dos principais adubos fosfatados. Os fosfatos naturais tabulados são todos eles brasileiros. Na relação dos insolúveis, constam hoje vários fosfatos naturais “reativos” do Norte da África (Marrocos, Tunísia, Argélia), da Jordânia, Israel e dos EUA. Eles têm 30% total e em torno de 9% de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico a 2%, relação 1:100.

Tabela 2- Composição dos principais adubos fosfatados

Adubo	%P ₂ O ₅				%P ₂ O ₅			
	Total	HCL	CiNH 4 +H ₂ O	H ₂ O	N	Ca	Mg	S
Solúveis								
Superfosfatos								
Simplex	20	18	18	17	0	20	0	12
Trinta	30	29	28	27	0	20	0	8
Triplo	45	40	44	38	0	14	0	1
Fosfatos de amônio								
Mono	52	50	52	50	10	0	0	0
Di	45	42	44	40	17	0	0	0
Nitrofosfato	20	18	18	16	8	0	0	0
Fosfato bicálcico	40	40	40	0	0	21	0	0
Termofosfato magnesiano	19	16	13	0	0	14	10	0
Escória de Thomas	19	15	12	0	0	18	-	0
Fosfato parcialmente								
Acidulado	26	10	12	8	0	25	0	0
Fosmag	18					18	3,5	11
Insolúveis								
Farinha de ossos	30	25	17	0	0	25	0	0
Fosfatos naturais								
Olinda	26	5	1	0	0	30	0	0
Hiperfosfato	27	12	6	0	0	28	0	0
Abaeté	24	4	1	0	0	-	0	0
Patos	23	4	1,5	0	0	-	0	0
Alvorada	33	6	2,5	0	0	-	0	0
Ipanema	39	3	2	0	0	-	0	0
Jacupiranga	33	2	-	0	0	30	0	0
Araxá	36	5	2	0	0	-	0	0
Catalão	37	2,5	0,5	0	0	-	0	0
Tapira	37	2,5	2	0	0	-	0	0
Maranhão	30	1	15	0	0	-	0	0
Fospal	32	0,5	6	0	0	0	0	0
Concentrado (FCA)	35	4	-	0	0	34	0	0

(*)HCl= ácido cítrico a 2%, relação 1/100.

CiNH₄= citrato neutro de amônio, relação 1/100 + H₂O.

Fonte: Malavolta & Alcarde (1986).

Tabela 3- Características dos principais adubos fosfatados

Adubo	Efeito no pH do solo	Índice salino (*)
Escória de Thomas	↑	?
Termofosfato magnésiano	↑	?
Fosfatos naturais	↑	?
Superfosfato simples	↔	8

Fonte: Malavolta & Alcarde (1986).

A não ser durante o plantio e nas primeiras fases do desenvolvimento do cafeeiro, a resposta ao emprego do P na adubação do cafeeiro em condições de campo é pouco freqüente e de pequena intensidade. Em solos muito pobres nesse elemento (abaixo de 0,02 mg/100g de solo) existe uma maior probabilidade de resposta, a qual se acentua quando são empregadas doses crescentes de N. Uma pequena quantidade de adubo fosfatado nas covas de plantio é sempre recomendável dada à importância que esse nutriente apresenta para o cafeeiro. A quantidade de P a ser empregada nas fórmulas, quando esse elemento for indicado, não deverá ultrapassar a ¼ da dose de N, Malavolta e Alcarde (1986).

2.4.1.1. Superfosfato simples

O Superfosfato Simples, solúvel em água, é obtido pela ação do ácido sulfúrico sobre a rocha fosfatada moída. A composição do SFS é representada principalmente pelo fosfato monocálcico, $\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$, e pelo sulfato de cálcio, CaSO_4 .

O SFS é um fertilizante amplamente encontrado no comércio. A sua composição principal é a seguinte $3\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 7\text{CaSO}_4$. Isso resulta em um fertilizante com cerca de 18% de P_2O_5 solúvel em água e 40 % de gesso agrícola (CaSO_4), sendo 20% de Ca e 10 a 12% de S. Portanto o SFS é uma boa fonte de fósforo, cálcio e enxofre, macronutrientes essenciais às plantas, Catani et al. (1956).

2.4.1.2. Termofosfato

Os Termofosfatos são definidos como fertilizantes resultantes de tratamento térmico de rochas fosfatadas com ou sem adição de outros materiais (silicato de magnésio), tratamento este que visa converter o fósforo de modo disponível nos vegetais. No caso de Termofosfato Magnesiano, é necessária adição de componentes Magnesianos e silício. Prepara-se a rocha fosfatada e os materiais contendo silício e magnésio que são fundidos nos fornos elétricos do tipo “arco direto”, com temperatura de operação entre 1400 e 1500 °C. Ao sair do forno, o material é resfriado imediatamente com jatos de água formando nessa operação, grãos inferiores a 2 mm, de aspecto vítreo e de coloração em geral, enegrecido. Então são separados da água e levados a um pátio para drenar o excesso (produto semi-acabado), seguindo para o secador rotativo e moinho de bolas. Posteriormente é ensacado, adicionando-se ou não micronutrientes e enxofre, Catani et al. (1956).

2.4.2. Formas no solo transformações e ciclos

As quantidades de P nos solos brasileiros, na profundidade de 0-20cm, variam entre 0,005 e 0,2% o que corresponde a 110-4400Kg/ha.

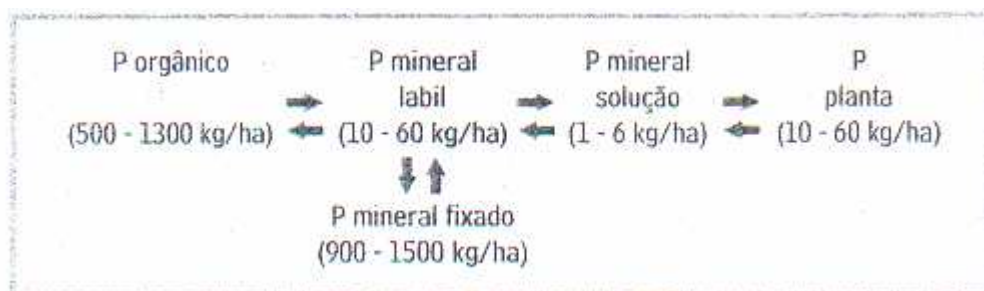
A Tabela 4 mostra como as diferentes formas compõem o total. Nos solos ácidos em que se faz calagem, elevando o pH e introduzindo mais Ca no meio, ocorre também a formação de P-Ca e, talvez de P-apatita. O P disponível pode ser definido como aproveitável facilmente pela cultura dentro do ciclo de vida ou do ano agrícola. Considera-se comumente disponível, a soma das frações solúvel e fracamente adsorvida, também chamada “lábil”.

Tabela 4 - Formas de fósforo nos solos do Brasil

Forma	% aproximada do total
Orgânica	
Fosfato de inositol	
Ácidos nucléicos	
Fosfolipídios	
Outras	10-60
Mineral	
P-Ca	5-30
P-Fe	10-20
P-Al	<10
P-adsorvido (argila, óxidos hidratados, carbonatos)	1
P-ocluso(Fe)	40-90

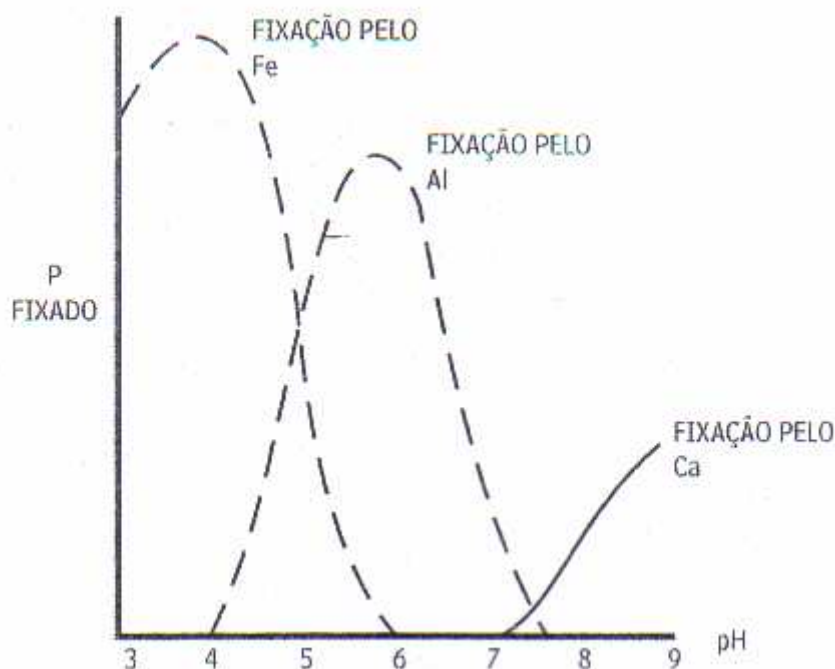
Fonte: Malavolta (1980).

O P tem a sua origem no mineral acessório chamado genericamente de apatita. O intemperismo leva-o à solução do solo, de onde as plantas o extraem e depois servem ou não como alimento para microrganismos e animais cujos restos devolvem-no ao solo parcialmente. A erosão quebra o ciclo roubando o P (e outros elementos) do sistema solo planta. A atmosfera não participa do ciclo como faz, no caso do N. É que o P se encontra, normalmente no seu estado oxidado (PO_4^{-3}), valência +5. O íon fosfatado é muito estável, quimicamente, não passando por transformações como acontece com o NO_3^- que também tem valência +5. Esta estabilidade do íon fosfatado, pouco abundante no solo, explica em parte, porque, em baixa concentração na biosfera, seja capaz de sustentar a vida nos reinos vegetal e animal. A seguir estão apresentados algumas formas de P (Figura 2), a fixação de P em função do pH (Figura 3).

Figura 2- Representação das formas de fósforo nos solos brasileiros

Fonte: Malavolta; Romero, 1975.

Figura 3- Fixação de fósforo no solo em função do pH



Fonte: Malavolta; Romero, 1975.

O P inorgânico (Pi), absorvido e acumulado pelas células corticais da raiz é transferido radialmente até o xilema ao longo do simplasma e eventualmente alcança a parte aérea, folha ou região de crescimento onde, entretanto, não fica parado: o P, juntamente com o N, é o elemento mais redistribuído. Assim, o Pi fornecido as folhas ou quando a mesma envelhece, é redistribuído na proporção de até 60% do total presente, via floema, para outras partes da planta, particularmente regiões de crescimento e frutos em desenvolvimento. A fácil redistribuição do P tem varias conseqüências: (1) em condições de carência os sintomas vão aparecer em primeiro lugar em órgãos mais velhos dos quais os elementos migram para os mais novos; (2) parte da exigência para o crescimento e produção é satisfeita pela mobilização das reservas de P, Bielecki e Ferguson (1983).

2.5. Cafeeiro

No plantio das culturas perenes – cacaueteiro, cafeeteiro, citros, eucaliptos – é recomendado aplicar doses altas de P_2O_5 na cova ou sulco de plantio, doses estas destinadas a elevar o P disponível a 200-400 mg/dm³. Usa-se Super fosfato Simples

(SFS) ou mistura de SFS e termofosfato ou SPS (em maior proporção) e fosfato natural reativo. A adubação de plantio ou semeadura pode ter um efeito residual de 3 anos ou mesmo mais.

Seguem-se, de modo geral, as adubações de formação e de produção, em qualquer caso somente se pode pensar em incorporação do adubo se for feita subsolagem para quebrar compactação. A aplicação de P, juntamente com N e K_2O e eventualmente micronutrientes é feita na superfície do solo, o adubo é colocado onde se concentram as raízes absorventes, em baixo da saia para aí criar condições favoráveis as raízes nas condições de pós plantio como não é possível a incorporação do adubo, recomenda-se usar apenas fosfatos solúveis. É que a entrada em disponibilidade dos fosfatos naturais reativos exige a mistura com o solo cuja acidez vai solubilizá-los aos poucos. Como esta representado na Tabela 5, a aplicação do SPS marcado com ^{32}P em faixa ao redor do pé-de-café foi mais eficiente que a aplicação em sulco a 15cm de profundidade circular ou semicircular. A aplicação foliar, evitando-se a fixação, foi ainda mais eficiente.

Tabela 5 - Absorção de SPS marcado pelo cafeeiro em função do método de aplicação(*)

Tratamento	% de P na folha vindo do adubo	Eficiênci a relativa
Primeiro Experimento		
Faixa superficial	10,2	100
Sulco circular	2,4	2
Sulco semicircular	1,7	17
Folhas	38,8	372
Segundo Experimento		
Sobre a cobertura morta	12,3	-
Sobre o solo nu	12,5	-

(*) Primeiro Experimento – plantas de 2-3 anos de idade; Segundo Experimento – plantas de 8-9 anos de idade

Fonte: Malavolta & Neptune (1977).

2.6. Adubação da lavoura recepada

As adubações irão depender do vigor das brotações. Com um bom crescimento inicial, pode-se dispensar as adubações do primeiro ano. Caso contrário devem ser usados os mesmos níveis de adubação indicados para lavoura de segundo ano de campo. É importante observar que as adubações foliares com micronutrientes, devem ser feitas somente com zinco e cobre. O boro não deve ser utilizado no primeiro ano. Em geral, as adubações de solo são iniciadas após a primeira desbrota. No segundo ano podem chegar a 50% das doses normais de um cafeeiro adulto (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVARES, 1999).

Embora o P aplicado na folha é absorvido pelo cafeeiro nas condições de campo, não é este o modo usual de aplicá-lo. O mesmo se diga no caso das culturas em geral.

Entretanto, pode-se aplicar o adubo fosfatado na folha em algumas situações como, por exemplo: (1) para corrigir rapidamente uma deficiência, desde que o ciclo de vida da cultura permita fazê-lo, (2) em mudas no viveiro antes do transplante da cultura perene, como é o caso do cafeeiro e de outros, (3) em planta perene nova, como o cafeeiro, sofrendo com a seca, a aplicação de uma solução contendo fosfato monoamônico a 1% + sulfato de zinco a 0,6% + uréia a 1% tem ajudado na recuperação e no desenvolvimento podendo-se acrescentar melaço ou açúcar a 1%, Casale (1963).

Em geral a adição do P na água somente se faz na irrigação localizada. São usadas as fontes mais solúveis em água, geralmente o fósforo monoamônico ou ácido fosfórico (H_3PO_4). Para evitar entupimentos, a aplicação é parcelada em porções da dose recomendada à cultura, aplicando-se juntamente com o N e o K, (MALAVOLTA; ROMERO, 1975).

2.6.1. Respostas do fósforo

Como se vê na Tabela 8, há toda uma gama de adubos fosfatados em que a diferença principal está na solubilidade em água. Entretanto, solubilidade em água não é sinônimo de disponibilidade. É que devido às transformações pelas quais o P

passa no solo, a planta não absorve o P presente no adubo aplicado, mas na forma resultante de tais transformações. Qualquer que seja o adubo aplicado à raiz somente irá absorvê-lo depois que ele gerar H_2PO_4^- para a solução do solo.

2.7. Formação da colheita

Os papéis do fósforo no processo global de formação da colheita se baseiam nas suas funções já mencionadas: (1) componente dos lipídios do plasmalema e do tonoplasto, passagem obrigatória dos nutrientes no processo de absorção, tanto na raiz quanto na folha; (2) armazenamento de energia na fotossíntese e respiração; (3) utilização de energia para reações de síntese de proteínas, FBN e outras; (4) transferência dos caracteres genóticos da planta com suas manifestações externas (fenótipo) que dependem do ambiente. O P é muito atuante na formação das raízes, que é essencial para o seu funcionamento como apoio mecânico e órgão de absorção de água e de íons; aumenta o perfilhamento das gramíneas (junto com N), cereais e forrageira; maior pegamento da florada e, por isso, mais frutificação; regulador de maturação; mais viabilidade das sementes; maior teor de carboidratos (açúcar de cana, amido na beterraba e na mandioca, fibra de algodão), óleo, gordura e proteínas; essencial para a FBN; quando deficiente causa menor vegetação e produção, qualidade e senescência precoce, Malavolta (2006).

2.7.1. Interação entre nutrientes

Os nutrientes estão dispostos na planta com inúmeras funções, como enrijecimento da parede celular, formação da membrana plasmática (atuando na regulação da entrada e saída de produtos), além de realizarem o transporte dos principais e essenciais compostos a planta. Formação das células e conseqüentemente, folhas, ramos, e frutos.

Os efeitos opostos propriamente ditos, nos levam a crer que a aplicação de um elemento mineral no solo pode favorecer a lixiviação de outro elemento pelas águas pluviais, não esquecendo, a antiga lei de restituição.

Além dos elementos extraídos pela colheita é necessário levar em conta as perdas devidas a lixiviação pelas águas; estima-se que essas perdas sejam muito

reduzidas para o ácido fosfórico e potássico, mais importante para o cálcio e mais ainda para o nitrogênio.

Um bom exemplo da lixiviação de um elemento mineral no solo, com a aplicação de outro, é o arrastamento do magnésio com as águas da chuva devido ao emprego de adubos potássico (BIELESKI; FERGUNSON, 1983).

Os nutrientes estão dispostos na planta com inúmeras funções, como enrijecimento da parede celular, formação da membrana plasmática (atuando na regulação da entrada e saída de produtos), além de realizarem o transporte dos principais e essenciais compostos a planta. Formação das células e conseqüentemente, folhas, ramos, e frutos.

Altas doses de P aumentam a concentração de P, N, Ca, Mg, B e Mo; menores de K, Cu, Fe, Mg e Zn. Mg geralmente aumenta o teor de P.

O Mg tem efeito maior do que o Ca na absorção de K e auto teor de Ca pode inibir absorção de K. O K tem relação muito forte com N, aumentando o teor de um de acordo com o outro. O P tende a diminuir a inibição de Mg na folha, causada pelo K.

Adições de N tendem a aumentar o teor de Ca nas folhas, mas o teor de Ca tende a diminuir com a presença de NH_4 , Mg, K e Na.

Na planta existe uma estreita relação entre N e S, na ordem de 1 pra 15, respectivamente. Em relação ao P o S tem uma relação muito positiva, com relação aos micro, o S tende a aumentar os teores de Fe e Mn e diminuição de Mo.

Inibições de B podem ser causadas devido a adições de N, plantas deficientes em P tendem a ter maior concentração de B. No caso de baixos teores de Ca são visíveis deficiências de B.

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. Os dados climáticos na época do experimento podem ser vistos na Tabela 6. O solo é um Latossolo Vermelho Eutrófico (Embrapa, 1999) Tabela 7, declividade de 3% e elevado teor de argila (48%).

Tabela 6 - Componentes climáticos - Guaxupé

2007/08	UR	Evapotranspiração	Precipitação	T°C x	T°C x	T°C x
	%	<i>Mm</i>	<i>mm</i>	<i>Máx.</i>	<i>Min.</i>	<i>média</i>
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
Mai	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 7 - Resultado análise de solo onde foi instalado o experimento

Cm	pH	M.O.	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V	Zn	Fe	Mn	Cu	B
	<i>H₂O</i>	<i>dag kg⁻¹</i>	<i>mg dm⁻³</i>				<i>cmol_c dm⁻³</i>				%			<i>mg dm⁻³</i>		
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

Fonte: Laboratório de Análise de Solos e Folhas da EAFMuz.

3.1.1. Variedade

A variedade de café utilizada foi o mundo novo IAC 379-19, com 44 anos de plantio, recém-recegado (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 1,5 m entre as covas.

Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com oito tratamentos e quatro repetições, com as aplicações realizadas no dia 13/11/2007. As parcelas experimentais foram constituídas por 6 plantas (Figura 3). Os tratamentos utilizados foram de acordo com a dosagem de P₂O₅ e fonte, sendo:

T1 = 0 kg P₂O₅ ha⁻¹

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

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

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

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

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

T7 = 1704 kg P₂O₅ ha⁻¹ (6400 g cova⁻¹) – fonte termofosfato – 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.

Figura 1 – Lavoura a ser recepada. Guaxupé, MG



Figura 2 – Lavoura recém recepada. Guaxupé, MG



Figura 3 – Visão geral do experimento. Guaxupé, MG



3.2. 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.

3.3. 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 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).

3.4. Análise estatística

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

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Notam-se diversas interações entre os nutrientes minerais essenciais, nas avaliações dos teores foliares (120 e 350 dias após aplicação – daa), em brotos de cafeeiro com 14 meses de idade (após a recepa), submetidos a diferentes doses e fontes de P_2O_5 .

A análise de regressão junto com a análise de agrupamento aos 120 daa (Tabela 8), mostrou a formação de três grandes grupos de nutrientes (Figura 4) N, P, K e Mn; Ca Mg, Fe e B e S e Zn.

Aos 350 daa, o gráfico de agrupamento (Figura 5) e (Tabela 9), também ilustram a formação de três grandes grupos de nutrientes correlacionados. O primeiro formado por N, S, P e K; o segundo por Ca, Mg, Mn e B; por fim o terceiro com Zn, Fe e Cu. A formação destes grupos e suas interações se dão pela afinidade presente entre eles.

Além da afinidade dos nutrientes, também podemos notar o seu antagonismo, ou seja, altas doses de alguns nutrientes causam a inibição de outros, como no caso do K e Ca; P e Mg; e N e Mn. Como pode ser constatado no presente trabalho, altas doses de P favoreceram os teores de N, Ca e Mg. Os teores de S

também são favorecidos pelo aumento do P, esses dados são concordantes com Malavolta (2006), o aumento de P também induz a deficiência de B, Cu, Fe e Mn.

Tabela 8 – Correlação entre nutrientes em brotos de cafeeiro submetidos a diferentes fontes de P_2O_5 aos 120 dias após a aplicação. Guaxupé, 2008

	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B
N	1,00	0,77	0,61	0,37	0,26	-0,14	0,36	0,26	0,54	0,81	0,18
P	0,77	1,00	0,71	0,24	0,03	-0,37	-0,01	0,31	0,69	0,79	0,00
K	0,61	0,71	1,00	-0,26	-0,24	-0,06	0,35	-0,06	0,66	0,54	0,32
Ca	0,37	0,24	-0,26	1,00	0,48	0,15	-0,33	0,71	0,38	0,13	-0,12
Mg	0,26	0,03	-0,24	0,48	1,00	-0,22	-0,42	0,76	0,01	0,01	0,48
S	-0,14	-0,37	-0,06	0,15	-0,22	1,00	0,37	-0,22	0,10	-0,55	0,25
Zn	0,36	-0,01	0,35	-0,33	-0,42	0,37	1,00	-0,73	0,00	0,30	0,17
Fe	0,26	0,31	-0,06	0,71	0,76	-0,22	-0,73	1,00	0,38	0,04	0,17
Mn	0,54	0,69	0,66	0,38	0,01	0,10	0,00	0,38	1,00	0,43	0,33
Cu	0,81	0,79	0,54	0,13	0,01	-0,55	0,30	0,04	0,43	1,00	-0,11
B	0,18	0,00	0,32	-0,12	0,48	0,25	0,17	0,17	0,33	-0,11	1,00

Tabela 9 - Correlação entre nutrientes em brotos de cafeeiro submetidos a diferentes doses e fontes de P_2O_5 aos 350 dias após aplicação. Guaxupé, 2008

	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B
N	1,00	0,19	0,45	-0,09	-0,01	0,13	0,06	-0,03	-0,10	-0,10	-0,10
P	0,19	1,00	0,52	-0,34	-0,24	0,21	0,13	-0,50	-0,32	-0,13	-0,15
K	0,45	0,52	1,00	-0,60	-0,33	0,23	0,35	-0,38	-0,49	-0,08	-0,26
Ca	-0,09	-0,34	-0,60	1,00	0,68	0,08	-0,40	0,45	0,54	0,14	0,41
Mg	-0,01	-0,24	-0,33	0,68	1,00	0,05	-0,32	-0,04	0,12	-0,05	0,17
S	0,13	0,21	0,23	0,08	0,05	1,00	-0,18	0,12	0,27	0,04	0,59
Zn	0,06	0,13	0,35	-0,40	-0,32	-0,18	1,00	-0,04	-0,56	0,63	-0,21
Fe	-0,03	-0,50	-0,38	0,45	-0,04	0,12	-0,04	1,00	0,41	0,33	0,57
Mn	-0,10	-0,32	-0,49	0,54	0,12	0,27	-0,56	0,41	1,00	-0,09	0,40
Cu	-0,10	-0,13	-0,08	0,14	-0,05	0,04	0,63	0,33	-0,09	1,00	0,25
B	-0,10	-0,15	-0,26	0,41	0,17	0,59	-0,21	0,57	0,40	0,25	1,00

Figura 4 – Análise de agrupamento entre nutrientes em brotos de cafeeiro submetidos a diferentes doses e fontes de P_2O_5 aos 120 dias após aplicação. Guaxupé, 2008

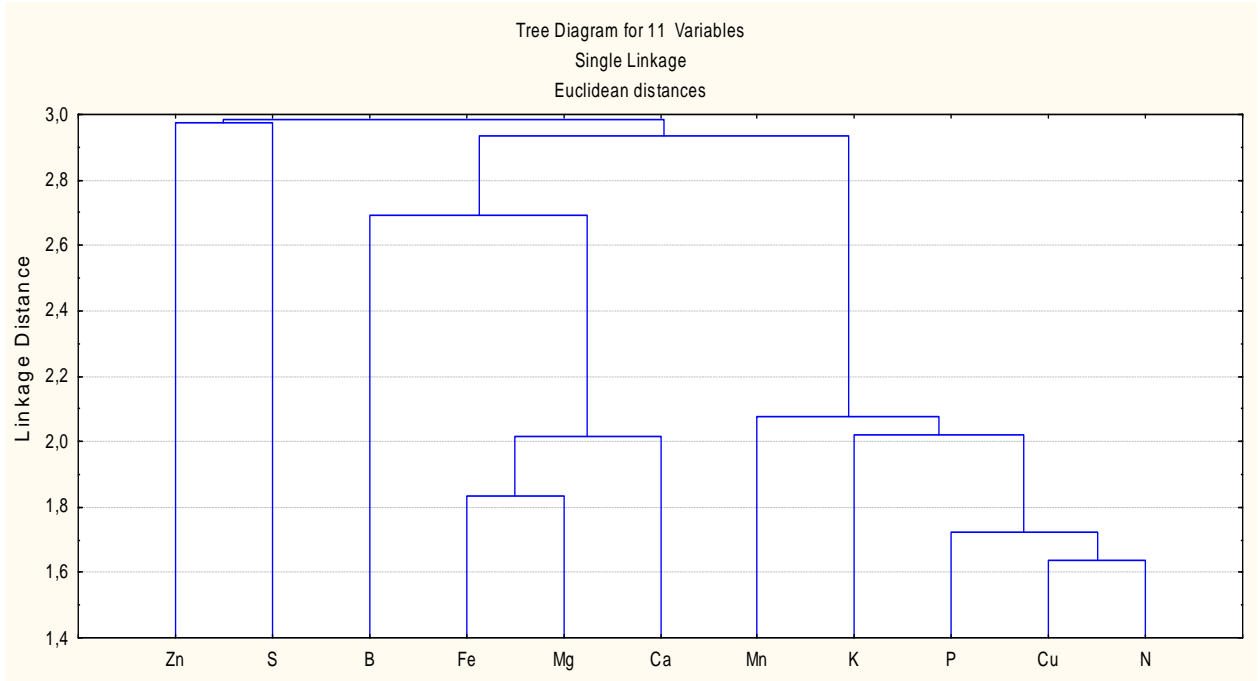
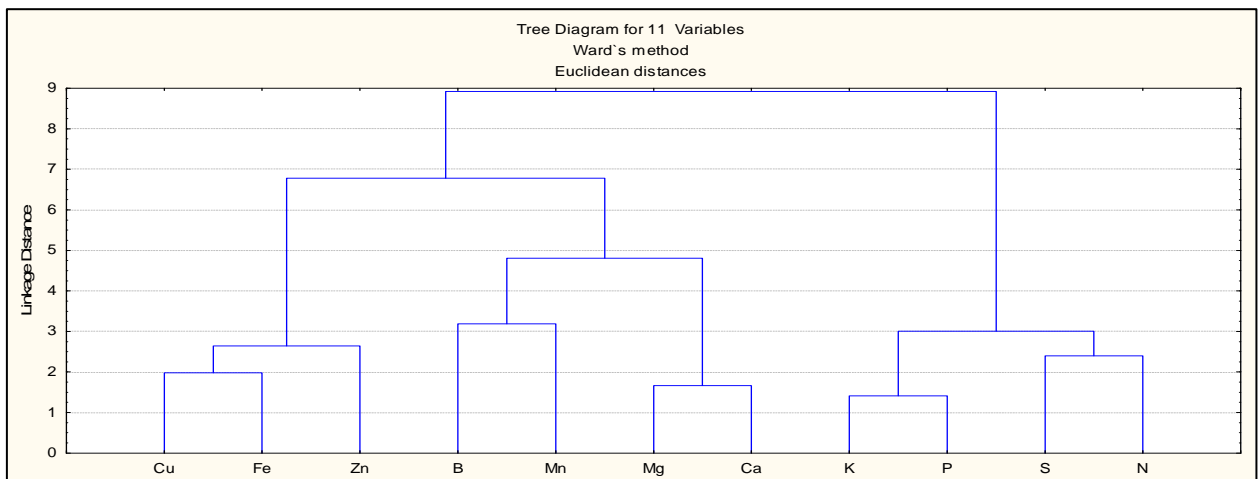


Figura 5 – Análise de agrupamento entre nutrientes em brotos de cafeeiro submetidos a diferentes doses e fontes de P_2O_5 aos 350 dias após aplicação. Guaxupé, 2008.



5. CONCLUSÕES

Como expresso nos resultados apresentados, as interações entre os nutrientes na planta são evidentes e necessárias, pois, as relações entre eles são ligeiramente estreitas, ou seja, qualquer tipo de alteração em um nutriente, desencadeia uma série de reações antagônicas ou sinérgicas. Assim, com as aplicações de doses de P_2O_5 , presenciou-se estas inúmeras interações entre.

REFERÊNCIAS

AMORIM, H.V.; SCOTTON, L.C.; HAAG, H.P.; MALAVOLTA, E. **Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro**. Piracicaba: USP, 1968. p. 121-136.

ARON, D.I. **The physiology and biochemistry of phosphorus in green plants**. In: PIERRE, A.; NORMAN, G. (Ed.). *Soil and Fertilizer Phosphorus in Crop Nutrition* Nova Iorque: Academic Press Inc., 1953. 492 p.

BIELESKI, R.L.; I. B. FERGUNSON. **Physiology and metabolism of phosphate and its compounds**. Berlim: Heidelberg, 1983. 449p.

BROWN, J.C. Interaction involving nutrient elements. **An. Rev. Plant Physiol**, v.14, p.93-106, 1963.

CATANI, R.A.; GALLO, J.R.; GARGANTINI, H. **Extração de elementos nutritivos do solo por diversas culturas**, 1954.

EVANS, H.J. ; SORGER, G.J. Role of mineral elements with emphasis on the univalent cations. **An. Rev. Plant Physiol**, 17: 47-76, 1966.

FRANCO, C.M.; INFORZATO, R. O sistema radicular do cafeeiro nos principais tipos de solo do Estado de São Paulo. **Bragantia**, São Paulo, 6 (9): 443-478, 1946

FUNDAÇÃO CARGILL. **Evolução do uso de fertilizantes nas culturas do cafeeiro, cana-de-açúcar e soja**. Campinas: Haag, 1986.

MALAVOTA, E. **ABC da adubação**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1970

MALAVOLTA, E.; ROMERO, J. P. **Manual de adubação**. 2. ed. São Paulo: ANDA, 1975. 337p.

MALAVOLTA, E.; NEPTUNE, A.M.L. Studies on placement of fertilizer phosphorus in tropical crops. **Phosphorus in Agriculture**, 31(70): 93-97, 1970.

MALAVOLTA, E.; ALCARDE, J.C. **Adequação da legislação sobre fosfatos às tecnologias em desenvolvimento**. São Paulo: IBRAFOS, 1986. 463 p.

MALAVOLTA, E. **O fósforo na agricultura brasileira**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1980. 218 p.

MALAVOLTA, E. **Adubação mineral e sua relação com doenças de plantas - a visão de um nutricionista de plantas**. Piracicaba: POTAFOS, 1998. 60p.

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

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

SANCHEZ, P.H.; SALINAS, J.G. Low input technology for managing oxisols and ultisols in tropical América. **Adv. Agronomy**, Madison, 34: 279-406, 1981.

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

SUTCLIFFE, J.F. **Mineral salts absorption in plants**. New York: The MacMillan Company, 1962.

VOISIN, A. **Adubos: novas leis científicas de sua aplicação**, 1963.

WALLACE, T. **Trace elements in plant physiology**. Waltham: Mass, 1950.