

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA DO SUL DE MINAS GERAIS
CAMPUS MUZAMBINHO
CURSO SUPERIOR EM TÉCNICO EM CAFEICULTURA**

ANTÔNIO CARLOS MARQUES

**EFEITOS DE DIFERENTES DOSES DE P₂O₅ SOBRE O
FOSFORO TOTAL E DISPONÍVEL DO SOLO E NA
PRODUÇÃO DO CAFEIRO NA REGIÃO DE JURUAIA – MG**

ANTÔNIO CARLOS MARQUES

**EFEITOS DE DIFERENTES DOSES DE P₂O₅ SOBRE O
FOSFORO TOTAL E DISPONÍVEL DO SOLO E NA
PRODUÇÃO DO CAFEIEIRO NA REGIÃO DE JURUAIA – MG**

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

Orientador: Prof^o. Luis Gratieri

MUZAMBINHO

2010

COMISSÃO EXAMINADORA

Luiz Augusto Gratieri

Francisco Vítor de Paula

José Mauro Costa Monteiro

Muzambinho, 25 de junho de 2010

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Antenor Marques,
Maria do Carmo Marques,
Aos meus irmãos
Áureo, Neco, Lia e Alaíze.
pelo incentivo e confiança.

“...as pessoas podem e devem ter acesso a ciência. Se todos Compartilharem informações poderão participar dos debates

Stephen willan Hawking

MARQUES. Antônio Carlos. Efeito de diferentes doses de P_2O_5 sobre o fósforo Total e disponível do solo e na produção do cafeeiro na Região de Juruáia-MG 15 f. Trabalho de Conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura – Instituto Federal de Educação, Ciências E Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Muzambinho, Muzambinho, 2010.

RESUMO

O experimento foi instalado em agosto de 2007, no sítio Roda Viva, localizado no município de Juruáia, Minas Gerais. O presente trabalho foi implantado em uma lavoura de café catucaí amarelo 2SL, plantado em dezembro de 2003, com uma densidade de plantio de 5000 pl. ha^{-1} ; dispostas no espaçamento 2,5 m entre linhas e 0,8 m entre plantas. O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), com 7 tratamentos e 4 repetições, perfazendo um total de 28 parcelas. Cada parcela foi constituída de 5 plantas, sendo as 3 plantas centrais consideradas como área útil experimental. Houve diferença estatísticas para os teores de P disponíveis nas camadas de 0 a 10 cm e de 11 a 20 cm de solo (Tabela 2). Na camada de 0 a 10 cm houve ajustamento dos teores médios das doses de P ao modelo quadrático, de modo que ocorreu aumento dos teores de P no solo até a dose estimada de 247,1g P_2O_5 planta $^{-1}$. Na Camada de 11 a 20 cm também houve ajustamento quadrático aos teores médios de P em diversas doses, de modo que o teor máximo se deu na dose estimada de 189,33 g P_2O_5 planta $^{-1}$. O melhor resultado para produção de café, foi no T5 onde foram aplicados 360 kg de P_2O_5 ha^{-1} (produção de 69,97 sacas bienal ha^{-1} café).

MARQUES, Antônio Carlos. **EFFECT OF DOSES OF P₂O₅ ON TOTAL AND SOIL AVAILABLE PHOSPHORUS AND ON COFFEE PRODUCTION IN THE REGION OF JURUAIA-MG**. Conclusion work of course (Graduation) – Instituto Federal de Ciencia e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Muzambinho, Muzambinho, 2010.

ABSTRACT

The experiment was installed in August 2007, at the site Roda Viva, located in the municipality of Juruaia, Minas Gerais. The present work was carried out in a coffee plantation yellow Catucaí 2SL, planted in December 2003 with a planting density of 5000 pl ha⁻¹, spaced in 2,5 m between rows and 0,8 m between plants. The experimental design was and 0,8 m between plants. The experimental design was randomized blocks (RB), with 7 treatments and 4 replications, a total of 28 plots. Each plot consisted of five plants, and the three central plants, and the three central plants deemed useful experimental area. There were statistical differences in the levels of phosphorus (P) available in the layers 0-10 cm and 11-20 cm of soil. In the layer 0-10 cm the average contents of P rates were adjusted to the quadratic model, in this way there was an increase of also adjustment to the quadratic model in different doses of P, and the maximum value occurred in the estimated dose of 189,33 g P₂O₅ plant⁻¹. The best result for the production of coffee, was obtained at T5, when a dose of 360 kg de P₂O₅ ha⁻¹ was applied (production of 69,97 bags biennial ha⁻¹ coffee).

Keywords – Phosphating, plant nutrition, Coffea Arabica L

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	04
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	05
2.1	P. NA SOLUÇÃO DO SOLO	05
2.2	FONTES DO P.....	06
2.3	FORMAS DE ABSORÇÃO	07
2.4	P. NO CAFEIRO.....	08
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
6.	BIBLIOGRAFIA BIBLIOGRAFICAS.....	15

1. INTRODUÇÃO

O café é um dos principais produtos de exportação do Brasil, o seu cultivo ocupa extensas áreas agrícolas no país. O Estado de Minas Gerais responde por mais de 50% da produção de café do Brasil (SILVA et al. 2007).

Existem nutrientes minerais que são essenciais às plantas, sem os quais elas não vivem. Estes podem ser fornecidos a elas pelo solo, diretamente ou através de suplementação – calagem e adubação, ou ainda, via foliar. Dentre eles, encontra-se o fósforo (P), elemento de vital relevância à planta, pois desempenha funções como armazenamento e transferência de energia, principalmente através do ATP – Trifosfato de Adenosina. Além disso, tem função estrutural, participando de compostos, tais como, ésteres de carboidratos, nucleotídeos e ácidos nucleicos, coenzimas e fosfolipídios (MALAVOLTA, 1980).

Os solos tropicais como os do Brasil, ricos em óxidos de ferro e alumínio, apresentam sob condições naturais, baixo teor de P total, e baixa concentração de P disponível, além de altas taxas de adsorção, fenômeno denominado fixação do P, que faz com que o elemento fique indissolúvel pelo menos temporariamente para a planta (COELHO & ALVES, 2003).

Existem no mercado diversos fertilizantes fosfatados que se diferem pela concentração de fósforo e solubilidade. Dentre estes, encontra-se o Super fosfato Simples, que é um pó branco ou cinzento, ou ainda, se apresenta na forma de grânulos, obtido pela reação entre o fosfato natural finamente moído e o ácido sulfúrico; contém até 16% de fósforo (calculado como P_2O_5 , anidrido fosfórico) solúvel em água, 18% solúvel em Citrato Neutro de Amônio (CNA) mais água, além de cálcio (18-27%) e enxofre (8-12%), que também são nutrientes essenciais para o cafeeiro (RAIJ et al., 1997).

Estudos conduzidos no Brasil para determinar as necessidades nutricionais do cafeeiro tiveram início com Dafert & Braga (1929). Trabalhos recentes com a aplicação de doses crescentes de P na adubação do cafeeiro irrigado, proporcionaram aumento de produtividade e estabilidade de produção (REIS, 2009). Ainda assim, são poucas as pesquisas relacionadas à adubação fosfatada. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses de P_2O_5 na produção do cafeeiro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A cafeicultura brasileira está implantada, em sua grande maioria, em solos de baixa fertilidade, com predominância de acidez elevada, altos teores de alumínio (Al) e excesso de manganês (Mn), além de baixos teores de matéria orgânica (M.O.) e fósforo (P) disponível. Nessas condições, a fertilidade deve ser reconstituída, para o bom desenvolvimento dos cafeeiros e para sua produtividade adequada. Para tanto, os nutrientes devem estar presentes ou serem supridos de forma equilibrada, pois, pela Lei do Mínimo, o desempenho vegetativo e produtivo do cafeeiro fica condicionado à situação daquele nutriente que se encontra em falta (MATIELLO et al., 2005).

O fósforo (P), um importante elemento da matéria viva, constitui o DNA, RNA e ATP. Na natureza ele é mais raro do que o nitrogênio, e seus reservatórios são principalmente rochas como a apatita, em menor escala a fosforita e também o guano. No meio terrestre, a concentração de P disponível às plantas costuma ser baixa, constituindo um fator limitante ao seu desenvolvimento. Grande parte dos fosfatos penetra no mar, onde fica imobilizada nos sedimentos profundos. Quando não existem correntes que possibilitem a subida da água até a superfície, o P se torna um fator limitante. A passagem do P do estado orgânico ao inorgânico é assegurada por bactérias como *Eubacillus* e *Bacillus* e fungos como *Saccharomyces* e *Penicillium* (DAJOZ, 2005).

2.1 P na solução do solo

Os teores de P na solução dos solos são geralmente muito baixos. Essa característica, associada à alta capacidade que esses solos têm para retirar o fósforo na fase sólida, é a principal limitação para o desenvolvimento de qualquer atividade agrícola rentável sem a aplicação de fertilizantes fosfatados.

Quando esses são aplicados no solo, após sua dissolução, praticamente todo o P é retido na fase sólida, formando compostos menos solúveis. Todavia, grande parte do P retirado é aproveitado pelas plantas. A magnitude dessa recuperação depende principalmente da espécie cultivada, textura do solo, tipos de minerais de

argila e pH. Além de doses, fontes, granulometria e a forma de aplicação do fertilizante fosfatado (SOUZA, 1982).

A solução do solo é controlada pela taxa de mineralização da matéria orgânica e depende da atividade microbiana. Entretanto, o fósforo liberado na solução do solo, mediante a mineralização do fósforo orgânico, poderá ser adsorvido pela fase mineral do solo e tornar-se indisponível para as plantas. (NOVAIS & SMYTH, 1999).

2.2 Fontes de P

Dentre todos os nutrientes, o P é o que pode ser fornecido por um maior número de fontes. Essas fontes podem possuir diferentes índices de eficiência agrônômica (SOUSA & LOBATO, 2003). As fontes mais solúveis de P são: Superfosfato simples, Superfosfato triplo, Fosfato monoamônico, Fosfato diamônico e os Termofosfatos. As fontes naturais reativas são: Fosfato Natural de Araxá, Fosfato Natural de Gafsa, Fosfato Natural de Arad e Fosfato Natural da Carolina do Norte (NOVAIS et al., 1997). O P pode ser fornecido usando-se as fontes acima. A principal diferença entre essas fontes é a solubilidade em água. Uma fonte solúvel em água não é necessariamente absorvida pela planta de modo mais eficiente; isso irá depender das condições de solo, da cultura, do clima e do modo de aplicação.

Os superfosfatos simples e triplo representam cerca de 50% do fertilizante fosfatado produzido no mundo (FASSBENDER; BORNEMISZA, 1994, apud LANA et al., 2007). Fosfatos naturais são concentrados apatíticos obtidos a partir de minérios fosfáticos provenientes de jazimentos localizados, que podem ou não passar por processos físicos de concentração, como flotação ou lavagem (KAMINSKI & PERUZZO, 1997).

Os termofosfatos não são solúveis em água, mas em CNA e ácido cítrico. Possuem eficiência agrônômica comparável a dos fosfatos solúveis, além de poder de correção de pH quando usado constantemente ou em doses elevadas. Algumas dessas fontes, como o superfosfato simples, superfosfato triplo, MAP e DAP têm mais de 90% do P total solúvel em CNA, possuem capacidade de fornecimento de P praticamente equivalente e correspondem a cerca de 90% do P usado na agricultura brasileira, tendo uma boa capacidade de fornecimento imediato de P à planta (SOUSA & LOBATO, 2003).

Os fosfatos solúveis reagem mais rapidamente no solo se comparados aos fosfatos naturais. Portanto, fornecem inicialmente maiores quantidades de P ao sistema. Novais et al. (2007) sugerem que a aplicação de P solúvel como correção é economicamente questionável, por questões de fixação, sendo interessante fazer aplicações localizadas ou mesmo parceladas, à semelhança do Nitrogênio.

Em um ensaio de campo, no primeiro cultivo, a eficiência dos fosfatos naturais de Gafsa e Arad foi menor, se comparados aos superfosfatos, mas ao longo de dois ou três anos, eles se tornaram até mais eficientes (GOEPFERT, 1975; GOEPFERT et al., 1976).

Rein et al. (1994) obtiveram dados similares com fosfato natural Carolina do Norte, usado farelado, na soja. Entretanto, as produções de grãos em três cultivos consecutivos foram praticamente iguais, para todas as fontes empregadas.

2.3 Formas de absorção

As plantas absorvem a maior parte do P como ânion monovalente - ortofosfato biácido – H_2PO_4^- , e em menor proporção, como ânion monoácido $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$. O pH do solo influi em grande parte, na proporção em que estas duas formas estão disponíveis para absorção pela planta. O ânion monovalente H_2PO_4^- tem sua disponibilidade aumentada em valores de pH abaixo de 7, enquanto o ânion bivalente $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ tem sua disponibilidade aumentada em valores de pH acima de 7 (DECHEN & NACHTIGALL, 2007).

Em função da alta mobilidade do P na planta, sob condições de carência, os sintomas aparecem primeiramente em folhas mais velhas, das quais o nutriente migra para as mais novas (MALAVOLTA, 2006). Nessa condição as folhas velhas perdem o brilho e apresentam manchas amareladas, que evoluem devido ao acúmulo de antocianina, para cores vermelhas arroxeadas, podendo tornar todo o limbo foliar. Ocorrem, ainda, desfolha e redução do sistema radicular fino (MATIELLO et al., 2005).

O crescimento e o desenvolvimento de plantas submetidas à deficiência de P são reprimidas desde os estádios iniciais da plântula e, dependendo da severidade, os efeitos negativos podem continuar durante o desenvolvimento de sementes ou frutos. Sob condições limitantes de P, as plantas normalmente apresentam pequeno desenvolvimento de raízes e de brotações; assim, ocorre exploração insuficiente do

solo, resultando em acesso restrito e baixa eficiência de uso tanto da água quanto de nutrientes (STAUFFER & SULWSKI, 2003).

2.4 P no cafeeiro

Santinato et al. (1998) avaliaram os efeitos de fontes doses de P na produção do cafeeiro, aos 36 meses de idade, em um latossolo vermelho amarelo de Carmo do Parnaíba – MG com 1.0 mg de P dm^{-3} , e verificaram a importância desse nutriente nesta fase, todas as fontes estudadas foram superiores as testemunha.

Barros et al. (2000) relatam a importância do P no plantio do cafeeiro; onde o P não foi aplicado houve diferença significativa na produtividade das plantas. Garcia & Ferreira, (1997) comparando diferentes fontes de P (Super Fosfato Triplo e Fosfato de Araxá) e doses (30 e 60 g de $\text{P}_2\text{O}_5\text{.cova}^{-1}$) em um solo com baixo teor de P, obtiveram um aumento de 2,86% na colheita, no 3º ano da cultura nos tratamentos com doses maiores.

Considerando um solo com baixo teor de fósforo e elevada capacidade de absorção, Guimarães et al. (1999) recomendam uma dose de 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 para uma produtividade maior que 60 sacas/ha de café arábica. Nas mesmas condições, Raji et al. (1997) relata que, para uma produtividade maior do que 80 sc ha^{-1} de café a dose deve ser 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 . A exigência do P para a formação do fruto do café é proporcional ao acúmulo de matéria seca. Sua absorção é pequena em relação aos outros macronutrientes. Em altas produções a extração não chega a 10Kg de P ha^{-1} (YAMADA & ABDALLA, 2003).

As dosagens máximas indicadas para produções de 80 sc ha^{-1} foram de 100Kg ha^{-1} de P_2O_5 (RAIJ et al. 1997) e (GUIMARÃES et al. 1999). Já Andrade, (2004) recomenda doses de 160Kg ha^{-1} de P_2O_5 , para a mesma produção. Matielo, (2005) indica dose de 80Kg ha^{-1} de P_2O_5 para produções acima de 60 sc ha^{-1} . Cafeeiros adensados respondem proporcionalmente em produção a doses elevadas de P (BATAGLIA, 2003). Resultados semelhantes foram obtidos por Guerra et al. (2008) que estudando doses crescentes de P_2O_5 concluíram que a melhor dose em relação à produção foi de 300Kg ha^{-1} e que houve maior crescimento vegetativo.

A exigência de P em relação ao N e K é pequena, principalmente na fase adulta da lavoura. Na fase jovem sua exigência é maior, a exemplo dos demais

nutrientes, sua absorção é maior na época chuvosa e na granação dos frutos. O teor adequado de P foliar para o cafeeiro é de 0,15 a 0,20g kg⁻¹ (MALAVOLTA, 1993).

Quando o teor foliar está abaixo de 0,10g kg⁻¹ o cafeeiro começa a apresentar sintomas de deficiência, sendo mais comuns em regiões altas e frias. Inicialmente ocorre a perda de brilho nas folhas, em seguida mudam de cor na sequência: amarelo brilhante, amarelo róseo, vermelho escuro e marrom arroxeadado, na ponta e na margem das folhas. Em casos mais graves pode ocorrer queda prematura das folhas, que pode ser total (GUIMARÃES & MENDES, 1997). O desequilíbrio de P interfere negativamente na qualidade da bebida (MALAVOLTA, 2006).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em agosto de 2007, no sítio Roda Viva, localizado no município de Juruáia, Minas Gerais, cujas coordenadas geográficas são: latitudes de 21° 17' 32" S, longitude de 46° 33' 03" W e altitude média de 971 m, em um solo classificado como latossolo vermelho distrófico típico (LVA). O clima é tropical de altitude, definido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Apresenta temperatura média anual de 20,9°C, umidade relativa média anual 63,% e precipitação média anual de 1529,8 mm (COOXUPÉ, 2009).

O presente trabalho foi implantado em uma lavoura de café catucaí amarelo 2 SL, plantado em dezembro de 2003, com uma densidade de plantio de 5000 pl ha⁻¹; dispostas no espaçamento 2,5 m entre linhas e 0,8 m entre plantas. O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), com 7 tratamentos e 4 repetições, perfazendo um total de 28 parcelas. Cada parcela foi constituída de 5 plantas, sendo as 3 plantas centrais consideradas como área útil experimental.

Como fonte de P para os tratamentos foram utilizados o superfosfato simples granulado contendo 16% de P₂O₅ solúvel em citrato neutro de amônio (CNA) mais água, além 18-27% de cálcio e 8-12% enxofre (RAIJ et al, 1997). As concentrações empregadas nos tratamentos foram: T1 0, T2 9, T3 18, T4 36, T5 72, T6 144, T7 288g P₂O₅ planta⁻¹ (0, 45, 90, 180, 360, 720, 1440 kg P₂O₅ ha⁻¹). Antes da primeira adubação, aplicou-se calcário em área total para elevar a saturação por bases (V%) para 60%. A dose aplicada na área total do experimento foi de 64 Kg de calcário dolomítico com PRNT de 95,51%. A primeira adubação com super fosfato simples foi realizada no dia 22 de novembro de 2007 e a segunda em 10 de outubro de 2008, sendo estas feitas a lanço, no dossel do cafeeiro. Para demais nutrientes, foram utilizadas as recomendações para adubação modular (MALAVOLTA, 1993). Além de duas aplicações foliares de B e Zn, com ácido bórico e sulfato de zinco, a 0,3% e 0,6% respectivamente.

Foram coletadas amostras nas linhas de plantio em diferentes profundidades (Tabela 1).

Tabela 1. Análises químicas de amostras do solo nas profundidades de 0 a 10, 11 a 20 e 21 a 40 cm na projeção da copa do cafeeiro.

Profundidade	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	(t)	(T)
-----cm----	H ₂ O	-----mg dm ³ -----								
				-----Cmol _c dm ³ ⁻¹ -----						
0-10	4,4	29,5	180	1,70	0,2	1,1	7,8	2,36	3,46	10,16
11-20	4,9	10,4	109	1,90	0,2	0,7	5,4	2,38	3,08	7,78
21-40	5,0	4,0	63	2,40	0,5	0,3	4,8	3,06	3,36	7,86
Profundidade	V	m	MO	Prem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	
-----cm-----	-----%----		dag Kg ⁻¹	mg L ⁻¹						
					-----mg dm ³ ⁻¹ -----					
0-10	23,2	31,8	2,61	20,9	4,00	60,4	11,1	2,18	0,73	
11-20	30,6	22,7	2,42	-	1,93	65,5	9,2	1,89	0,62	
21-40	38,9	8,9	1,75	12,3	1,07	54,3	7,3	1,24	0,48	

¹ Realizadas no Laboratório de Solos e Tecidos Vegetais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas (IFET), campus Muzambinho, MG, 2007.

Em janeiro de 2009, três meses após a segunda adubação fosfatada, foram realizadas amostragens foliares do terço médio das plantas no primeiro e terceiro pares de folhas do ramo plagiotrópico e encaminhados ao laboratório de solos e tecidos vegetais João Carlos P Freitas (Cooxupé) em Guaxupé, MG, onde foram feitas análises de nutrientes. Os dados foram submetidos à análise estatística pelo programa SISVAR (FERREIRA, 2000) e as variáveis respostas dos teores de P disponíveis nas camadas de 0 a 10 cm e 11 a 20 cm foram submetidas à análise de regressão e os gráficos plotados pelo Microsoft Excel. A colheita foi feita por derriça em pano de aniagem plástica. Para quantificação utilizaram-se cinco litros de café da roça por parcela.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Pelos dados da amostragem de solo, observa-se que os valores de P disponível nas camadas analisadas (Tabela 2) estão acima dos considerados adequados por Matiello et al. (2006), que classifica como nível alto, valores maiores que 50 mg dm^{-3} , pelo método de extração de P com resina trocadora de íons. Os teores de P total não foram significativos nas doses aplicadas, no entanto houve diferença estatísticas para os teores de P disponíveis nas camadas de 0 a 10 cm e de 11 a 20 cm de solo (Tabela 2).

Tabela 2. Teores médios de fósforo disponível e total nas profundidades de 0 a 10cm e 11 a 20cm da análise de solo na área experimental em Juruiaia – MG, dados em mg dm^{-3} .

Tratamentos	P disponível (0-10cm)	P Total (0-10cm)	P disponível (11-20cm)	P Total (11-20cm)
T1	73,00 ab	1221,0 a	34,75 b	981,3 a
T2	50,00 b	1126,3 a	47,25 ab	1059,5 a
T3	78,75 ab	1220,3 a	53,75 ab	1016,0 a
T4	61,25 ab	1216,0 a	49,75 ab	985,8 a
T5	82,25 ab	1243,5 a	73,25 a	1166,8 a
T6	89,00 a	1309,0 a	65,75 ab	1088,8 a
T7	92,25 a	1301,3 a	70,50 a	1155,8 a

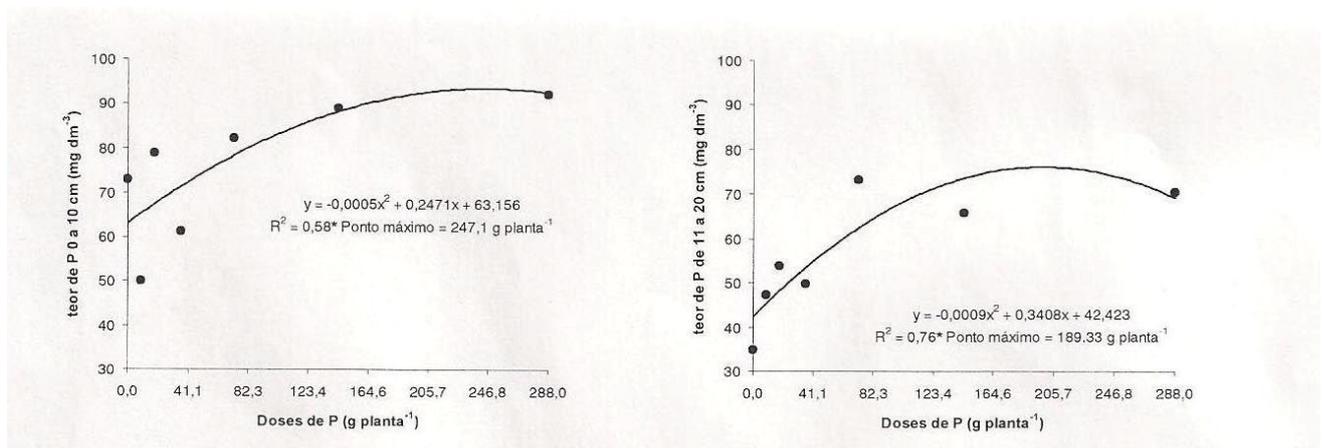
Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Na camada de 0 a 10 cm houve ajustamento dos teores médios das doses de P ao modelo quadrático, de modo que ocorreu aumento dos teores de P no solo até a dose estimada de $247,1 \text{ g P}_2\text{O}_5 \text{ planta}^{-1}$. Na Camada de 11 a 20 cm também houve ajustamento quadrático aos teores médios de P em diversas doses, de modo que o teor máximo se deu na dose estimada de $189,33 \text{ g P}_2\text{O}_5 \text{ planta}^{-1}$ (Figura 1). Isto demonstra que o P pode de certa forma, translocar no perfil do solo melhorando os níveis em profundidade, embora, segundo Novais et al (2007), o P seja pouco móvel no solo e “não lixiviável” em condições normais.

Esta translocação poderia ser facilitada pelas doses mais elevadas, pois estas quantidades saturam o complexo adsortivo da camada superior, facilitando assim a descida do elemento. Esta afirmação estaria sustentada pelos maiores níveis de P total na camada superior (Tabela 2).

Uma outra possibilidade seria a descida do fertilizante ainda solubilizado na forma de partículas que seriam carregadas pela água para as camadas mais profundas. Esta descida seria facilitada por propriedades físicas do solo a maior porosidade e continuidade de poros.

Figura 1. Teores de P disponível nas camadas de 0 a 10 e 11 a 20 cm em diversas doses de P aplicadas – Juruiaia-MG



Avaliou-se que o melhor resultado para produção de café, foi no T5 onde foram aplicados 360 kg de P₂O₅ ha⁻¹ (produção de 69,97 sacas bienal ha⁻¹ café) (Tabela 3). Considerando um solo com baixo teor de fósforo e elevada capacidade de absorção a 5ª aproximação de Minas Gerais (1999) recomenda-se uma dose de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para uma produtividade maior que 60 sacas há⁻¹ de café arábica. Nas mesmas condições, o boletim 100 de São Paulo (1997) relata que, para uma produtividade maior do que 80 sacas ha⁻¹ de café a dose deve ser 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Um fator importante que deve ser levado em consideração nos trabalhos de doses é a viabilidade econômica, no T3 (90 kg ha⁻¹ de P₂O₅) onde a dose aplicada foi quatro vezes menor do que no T5 a produção foi de 65,30 sacas bienal ha⁻¹ café.

Tabela 3. Produção de café cultivar catucaí 2SR no município de Juruáia (MG) em 2008 (P2008), 2009 (P2009), no bienio, o rendimento em 2009 (R2009) e a produção em litros por planta.

TRATAMENTOS	P2008 ¹	P2009 ¹	BIENIO ¹	P2009 ²	LPL2009 ³
T1	56,06 cd	69,12 d	62,59 e	521 a	6,52 d
T2	57,04 bcd	72,54 c	64,79 d	519 a	6,72 bcd
T3	57,59 b	73,02 c	65,30 d	507 a	6,62 cd
T4	60,13 a	76,64 b	68,39 b	500 a	6,84 abc
T5	60,22 a	79,72 a	69,97 a	500 a	7,00 a
T6	57,14 bc	77,43 ab	67,29 bc	509 a	6,85 a
T7	55,66 d	76,43 b	66,04 cd	521 a	6,88 ab
CV(%)	1,06	1,31	0,95	2,08	2,37

¹ sc ha⁻¹; ² L. scs⁻¹; ³ L.pl⁻¹

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, C. E. de. **Calagem e Adubação do Café**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 130p.

COELHO, A. M.; ALVES, V. M. C. **Resposta da cultura do milho a adubação fosfatada**. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.). Simpósio destaca a essencialidade do fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: Potaf6s, Junho/ 2003, p.6. (Informações Agronômicas, 102).

COOPERATIVA REGIONAL DOS CAFEICULTORES DE GUAXUPÉ LTDA. (COOXUPÉ). **Metereologia Guaxupé- MG**. Disponível em <<https://www.cooxupé.com.br/metereologia/>>. Acesso em: 30 de abril de 2009.

DAFERT & BRAGA. **Experiência de adubação e estudo sobre a cultura do cafeeiro**. Secretaria da Agricultura, Indústria do Estado de São Paulo, 1929, cap. 2, p. 75-103.

DAJOZ, Roger. **Princípios de Ecologia**. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 520 p.

GOEPFERT, C.F. **A eficiência de diversos fertilizantes fosfatados na cultura da soja**. Rio Grande do Sul, 38p. Revisão de Literatura (Mimeografado), 1975.

GOEPFERT, C.F.et al. **Avaliação de eficiência de cinco adubos fosfatados em três solos ácidos do Rio Grande do Sul**. Agron. Sulriograndense, Porto Alegre, 12:179-188, 1976.

LANA, R. M. Q.; BUCK, G. B.; LANA, A. M. Q.; PEREIRA, R. P. **Doses de multifosfato magnesiano aplicados a lanço em pré-semeadura, sob sistema plantio direto cultura da soja**. Revista Ciênc. agrotec., Lavras, v. 31, n. 6, p. 1654-1660, 2007.

KAMINSKI, J.; PERUZZO, G. **Eficácia de fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivo**. Núcleo Regional Sul da Soc. Brás. de Ciência do Solo, Santa Maria - RS, 1997 - Boletim Técnico No.3, 31pg.

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. **Fósforo na planta e interação com outros elementos**. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.). Simpósio destaca essencialidade do fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: Potaf6s, Junho/ 2003, P.2 (Informações Agronômicas, 102).

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil. Novo Manual de recomendações**. MAPA/PROCAFÉ. Varginha – MG, 2005.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., et al. **Fertilidade dos solos**. Viçosa, MG; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico/FUNDAG, 1997. p. 97-101. (Boletim Técnico, 100).

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

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

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do cerrado. Encarte técnico, **Informações Agrônômicas**, n. 102, Piracicaba, Instituto Potafós, 2003.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do cerrado. Encarte técnico, **Informações Agrônômicas**, n. 102, Piracicaba, Instituto Potafós, 2003.

REIN, T.A.; SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Eficiência agrônômica do fosfato natural Carolina do Norte em solo de cerrado**. Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 21. 1994, Petrolina, PE; SBCE/EMPRA-CPATSA. 1994. P.38-40.