

EFEITO DE DIFERENTES DOSAGENS DE FÓSFORO NO CRESCIMENTO VEGETATIVO E TEORES DE NUTRIENTES NO 1º E 3º PARES DE FOLHAS CAFEEIROS (*Coffea arabica* L.) EM MONTE BELO – MG

André Pimenta Silva²; Cyntia Stephânia dos Santos³; Marcos Rodrigo Leite⁴; Marília Daniela de Oliveira⁵; Luana Rodrigues da Silva⁶; Luiz Augusto Gratieri⁷; Marcelo Bregagnoli⁸; Felipe Campos Figueiredo⁹.

¹ Trabalho realizado com o apoio da Instituto Federal do Sul de Minas Gerais, campus Muzambinho, FAPEMIG e da Cooperativa Regional de Cafeicultores de Guaxupé – COOXUPÉ..

^{2,3,4,5,6} Graduandos do Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura, Instituto Federal do Sul de Minas Gerais, Campus Muzambinho – MG, 607035@eafmuz.gov.br; 607040@eafmuz.gov.br; 607039@eafmuz.gov.br; 607032@eafmuz.gov.br.

⁷ Professor, MSc. Fitotecnia, Instituto Federal do Sul de Minas Gerais, Campus Muzambinho - MG, gratieri@eafmuz.gov.br;

⁸ Professor, DSc. Fitotecnia, Instituto Federal do Sul de Minas Gerais, Campus Muzambinho - MG, marcelob@eafmuz.gov.br;

⁹ Professor, DSc. Solos e Nutrição de Plantas, Instituto Federal do Sul de Minas Gerais, Campus Muzambinho - MG, felipe@eafmuz.gov.br;

RESUMO: O trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito de altas doses de fósforo no crescimento vegetativo dos ramos plagiotrópicos e dos teores de nutrientes do primeiro e terceiro pares de folhas. O experimento foi implantado no Sítio Cachoeira, localizado no Município de Monte Belo, Minas Geral em agosto de 2007 numa área cultivada com a variedade Rubi MG-1192 com seis anos de idade, 2778 plantas ha⁻¹, dispostas no espaçamento 3,0 m x 1,20 m num Latossolo Vermelho distroférico. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro blocos e sete doses: 0, 9, 18, 36, 72, 144, 288 g planta⁻¹ de P₂O₅. Foram realizadas avaliações do crescimento vegetativo de ramos 18 ramos plagiotrópicos de cada parcela. O crescimento vegetativo foi determinado nos ramos plagiotrópicos e expressados pelo número de internódios dos ramos principais, números de internódios de ramos secundários, número total de internódios, comprimento médio de ramos principais, comprimento médio de ramos secundários, número de ramificações. As doses de fósforo testadas não afetaram significativamente os teores deste elemento no 1º e 3º pares de folhas. A análise do primeiro par de folhas pode indicar inibição da absorção do S pelo P. O aumento do número de internódios esteve relacionado com a elevação dos teores de cálcio nas folhas do 3º par de folhas.

Palavras-Chave: adubação fosfatada, superfosfato simples, cálcio, enxofre.

EFFECT OF VARIOUS PHOSPHATE DOSAGE ON THE VEGETATIVE GROWNT AND NUTRIENTS CONTEND IN 1ST AND 3RD FOLIAR PAIR OF COFEE TREE PLANTS (*Coffea arabica*) IN MONTE BELO, MG

ABSTRACT: The work had the objective of evaluating the effect of phosphate high dosage in the vegetative growth of the plagiotrópics branches and nutrient contend in first and third of leaves. The experiment was implanted in Cochoeira Site located in the Monte Belo Municipal district, Minas Gerais in August of 2007 in an area cultivated with the variety Rubi MG-1192 with 6 age years, 2778 plants have-1, disposed in the spacing 3,0 m x 1,20 m about Red Latossol distroférico. The used design experimental was in blocks, with 4 blocks and 7 doses: 0, 9, 18, 36, 72, 144, 288g plant⁻¹ of P₂O₅. Evaluations of the vegetative growth of branches 18 plagiotropics branches each portion were accomplished. The vegetative growth was certain in the branches plagiotropics and expressed by the number of the major internodes branches principal, numbers of secondary branches internodes, internodes total number, medium length main branches, medium length secondary branches, number of ramifications. The phosphate doses tested they didn't affect significantly contend P of this element in the 1st and 3rd pair leaves. The first pair's of leaves analysis can indicate inhibition of the absorption of S for P. The number internodes increase was related with the calcium elevation contend in the 3rd pair leaves.

Key words: phosphate fertilization, simple highphosphate, calcium, sulfur.

INTRODUÇÃO

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

Para Dechen & Nachtigall (2007) em situações onde se aumenta o suprimento de P no solo de uma condição de deficiência até outra de adequada disponibilidade de P, verifica-se que as principais frações de P contidas em órgão vegetativos das plantas também aumentam. Além disto, o P promove a rápida formação e crescimento das raízes, melhora a qualidade dos frutos, hortaliças e grãos, sendo vital à formação da semente, bem como está envolvido na transferência de características hereditárias.

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

Em solos como o de cerrado com intemperismo já elevado, o caráter drenado P deverá também continuar aumentando com o tempo (Novais et al., 2007).

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

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

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

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

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

Segundo Malavolta (2006), o cálcio exerce na planta três tipos de funções: estrutural, regulador enzimático e de mensageiro secundário. Dechen & Nachtigall (2007) dizem que, o Ca impede danos à membrana celular, evitando a saída de substâncias intracelulares, parece atuar como modulador da ação dos hormônios vegetais, regulando a germinação, o crescimento e a senescência. O íon Ca desempenha papel importante no desenvolvimento vegetal e regulação metabólica. Influindo, indiretamente, no melhoramento do desenvolvimento das raízes, estimulação da atividade microbiana, absorção de outros nutrientes, além de ser requerido em grande quantidade pelas bactérias fixadoras de N_2 .

A amostragem foliar em cafeeiros deve ser realizada no 3º ou 4º par de folhas (CFSEMG, 1999). Estas são folhas completamente expandidas e metabolicamente ativas, representantes do status nutricional do cafeeiro. As folhas novas ainda em expansão possuem menor quantidade de estômatos e atividade metabólica intensa, funcionando como drenos energéticos e nutricionais das plantas (Malavolta, 2006). O suprimento energético destes tecidos em desenvolvimento seria realizado pelo P na forma de ATP, o que poderia apresentar teores mais elevados nas folhas novas de modo a suprir a demanda energética. Assim, as folhas novas poderiam ser consideradas na identificação do suprimento de P via adubação.

Trabalhos recentes de Guerra et al. (2007) observaram aumentos de produção de cafeeiros irrigados que chegam a 73,4% na dose de 400 kg ha^{-1} de P que está bem acima das recomendadas pela CFSEMG (1999). Estas produções no ano seguinte elevaram ainda mais, chegando a 148% acima da testemunha (Guerra et al., 2008). Estes ensaios foram estudados por Reis (2009) que encontrou grande parte do P ligado a Al e os teores foliares de P se elevaram com as doses, numa faixa de valores de 1,9 a 2,0 g kg^{-1} de P. No entanto, ainda não existem informações suficientes para recomendação de doses em diversas regiões nem mesmo padrões nutricionais que reflitam o potencial de resposta do cafeeiro a esta prática.

Deste modo, o trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito de altas doses de fósforo no crescimento vegetativo dos ramos plagiotrópicos e dos teores de nutrientes do primeiro e terceiro pares de folhas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado no Sítio Cachoeira, localizada no Município de Monte Belo, Minas Gerais em Agosto de 2007. O Município encontra-se na Latitude 21°19' Sul e Longitude 46°22' Oeste, à uma altitude média de 922 m. O clima é tropical de altitude, definido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Apresenta temperatura média anual de 19,6°C e precipitação média anual de 1592,7 mm (IBGE, 1999).

Para a realização do experimento utilizou-se uma área cultivada com a variedade Rubi MG-1192. A idade nas plantas na implantação do experimento era de 6 anos, tendo a lavoura uma densidade de plantio de 2778 plantas ha^{-1} ,

dispostas no espaçamento 3,0 m entre linhas e 1,20 entre plantas. O solo é um Latossolo Vermelho distroférrico, anteriormente cultivado com cana-de-açúcar.

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

Como fonte de fósforo para os tratamentos foi utilizado o superfosfato simples granulado que contém 18% P_2O_5 sol. CNA+ H_2O , 18-20% CaO, 11-12% S (Alcarde, 2007). As concentrações empregadas nos tratamentos foram: 0, 9, 18, 36, 72, 144, 288g de P_2O_5 planta⁻¹.

Antes da primeira adubação, foi aplicado calcário em área total com objetivo de elevar a saturação por bases para 60%, o que correspondeu à aplicação de 250 kg de calcário calcítico ha⁻¹, com 85% de PRNT.

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

Em novembro de 2008, foram marcados seis ramos plagiotrópicos medianos das três plantas úteis experimentais de cada parcela; para posterior contagem e medição de internódios, na qual foi realizada em março de 2009, para avaliação do crescimento dos mesmos sob efeito dos tratamentos.

Em janeiro de 2009, foram realizadas amostragens foliares do primeiro e terceiro pares e encaminhadas para o Laboratório de Solos e Tecidos Vegetais da COOXUPÉ em Guaxupé, MG onde foram realizadas as análises dos tecidos e quantificação dos nutrientes.

No dia 9 de março foi realizada a avaliação do crescimento vegetativo de 18 ramos plagiotrópicos de cada parcela de três plantas úteis anteriormente marcadas. O crescimento vegetativo foi determinado nos ramos plagiotrópicos e expressados pelo número de internódios do ramos principal, números de internódios de ramos secundários, número total de internódios, comprimento médio de ramos principais, comprimento médio de ramos secundários, número de ramificações. Os dados foram submetidos à análises estatística pelo programa SISVAR (Ferreira, 2000) e as variáveis resposta dos teores de S, P e Ca do 1º e 3º pares de folhas foram submetidas à análise de regressão e os gráficos plotados pelo Microsoft Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros relacionados ao crescimento vegetativo somente o número de internódios do ramo principal e número de internódios totais foram influenciados pelas doses de P aplicadas (Tabela 1).

As doses de P influenciaram o número de internódios totais de forma quadrática, elevando até uma dose estimada de 123,8 g planta⁻¹ de P aplicado. Da mesma forma, o número de internódios de ramos principais aumentaram até uma dose estimada de 92 g planta⁻¹. Isto demonstra que a aplicação de P de forma excessiva pode atrapalhar o crescimento vegetativo do cafeeiro provavelmente por promover algum desequilíbrio nutricional.

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

Dose P	internódio principal	internódio secundário	internódios totais	comprimento principal	comprimento secundário	número de ramificações
0,0	10,79	2,71	12,42	17,25	3,56	0,49
9,0	11,14	3,26	14,14	15,35	4,10	0,47
18,0	9,50	1,88	11,88	16,02	3,43	0,42
36,0	9,53	1,93	11,46	15,89	3,20	0,40
72,0	12,11	4,00	16,11	17,19	4,49	0,72
144,0	10,79	4,47	15,21	15,83	5,23	0,61
288,0	7,60	3,03	10,47	13,45	5,17	0,61
média	10,21	3,04	13,10	15,85	4,17	0,53
<i>teste F</i>						
<i>Doses</i>	*	ns	*	ns	ns	ns
<i>bloco</i>	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	13,06	67,45	21,11	11,53	68,63	63,23

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

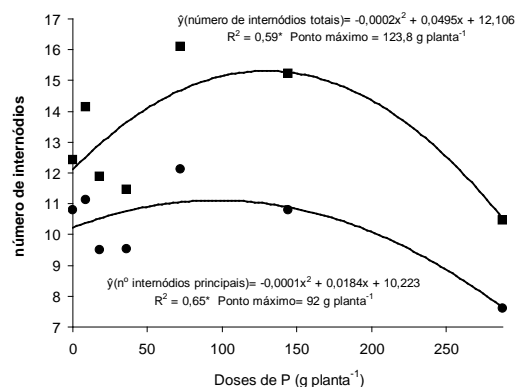


Figura 1 – Número de internódios totais e internódios do ramo principal de cafeeiros adubados com diversas doses de fósforo.

As doses de P aplicadas influenciou somente o S no primeiro par de folha (Tabela 2) ajustando as respostas à um modelo quadrático reduzindo os teores até o ponto mínimo de 120 g planta⁻¹. Apesar dos teores de P não terem sido significativamente afetados pelas doses de P, os teores de P elevaram à um ponto máximo de 200 g planta⁻¹ praticamente coincidindo com o ponto de menor teor de S (Figura 1).

Tabela 2 – Teores de macro e micronutrientes de folhas de cafeeiros adubados com diversas doses de fósforo.

Dose P	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	B	Cu	Mn	Fe
 % mg dm ⁻³					
<i>1^a folha</i>											
0,0	32,01	1,73	26,91	7,28	2,81	2,51	18,78	29,40	13,27	122,03	72,39
9,0	32,22	1,67	25,67	6,89	3,05	2,26	16,86	22,59	13,28	88,70	60,13
18,0	31,73	1,74	28,14	7,40	2,99	2,13	18,64	26,97	13,70	112,91	64,99
36,0	31,45	1,69	25,83	8,33	3,00	2,38	22,01	27,65	14,44	142,76	72,19
72,0	32,48	1,85	27,79	7,39	2,78	1,96	16,52	22,97	12,72	90,20	66,02
144,0	33,36	2,05	27,81	6,91	2,82	2,08	15,20	22,92	14,04	101,78	53,94
288,0	32,75	1,94	27,14	6,98	2,83	2,25	18,05	23,56	13,12	101,18	66,61
média	32,28	1,81	27,04	7,31	2,90	2,22	18,01	25,15	13,51	108,51	65,18
<i>teste F</i>											
Doses	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
bloco	ns	ns	ns	ns	**	ns	**	ns	**	ns	ns
CV (%)	2,87	12,97	11,8	15,76	7,12	9,32	23,53	22,67	9,9	41,22	24,51
<i>3^a folha</i>											
0,0	32,21	1,42	22,68	11,23	3,52	2,55	22,56	35,49	13,51	205,48	109,21
9,0	32,41	1,39	22,32	10,26	3,48	2,59	24,57	30,56	14,11	183,76	89,46
18,0	31,85	1,30	23,19	12,55	3,65	2,78	25,40	43,34	14,28	220,93	110,51
36,0	32,69	1,53	23,84	10,58	3,51	2,44	20,65	32,76	14,13	180,66	90,45
72,0	33,45	1,43	21,62	12,06	3,82	2,49	22,54	37,87	12,68	193,48	114,57
144,0	33,32	1,40	21,79	12,56	3,51	2,70	20,68	36,49	13,24	228,94	100,36
288,0	33,29	1,57	23,43	11,69	3,50	2,62	21,10	31,82	13,70	189,45	98,94
média	32,74	1,43	22,69	11,56	3,57	2,59	22,50	35,47	13,66	200,38	101,93
<i>teste F</i>											
Doses	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
bloco	**	ns	ns	**	ns	**	ns	*	*	ns	ns
CV (%)	3,38	11,84	11,83	9,32	45,93	11,05	21,8	21,9	15,9	18,6	22,64

Este comportamento pode ser explicado pela inibição competitiva pela absorção dos ânions sulfato e fosfato causado pelo desbalanceamento (Alvarez et al., 2007). A inibição da absorção do SO₄²⁻ pode ter afetado os teores deste elemento nas folhas novas já que este nutriente possui baixa mobilidade (Malavolta, 2006). Neste caso a análise de

folhas do primeiro par pode ser uma utilizada para identificar esta inibição. Por outro lado, este comportamento não teria tanta relevância, uma vez que o máximo crescimento do número total de internódios se deu próximo ao mínimo teor de S e máximo teor de P nas folhas novas.

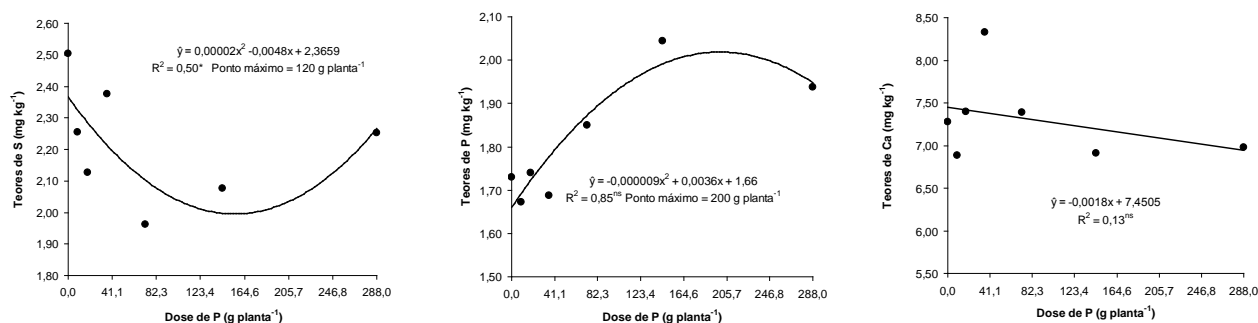


Figura 2 – Teores foliares de S, P e Ca no primeiro par de folha de cafeeiros adubados com diversas doses de fósforo.

No terceiro par de folhas somente o cálcio foi afetado pelas doses de P aplicado na forma de superfosfato simples (Figura 2). Os teores de Ca se ajustaram ao modelo polinomial quadrático, aumento da concentração deste nutriente até o ponto máximo de 178 g planta⁻¹ de P, porém com coeficiente de ajustamento muito baixo (Figura 3). A causa do maior crescimento e talvez da maior produção, possa estar ligada ao cálcio e não somente as doses de P.

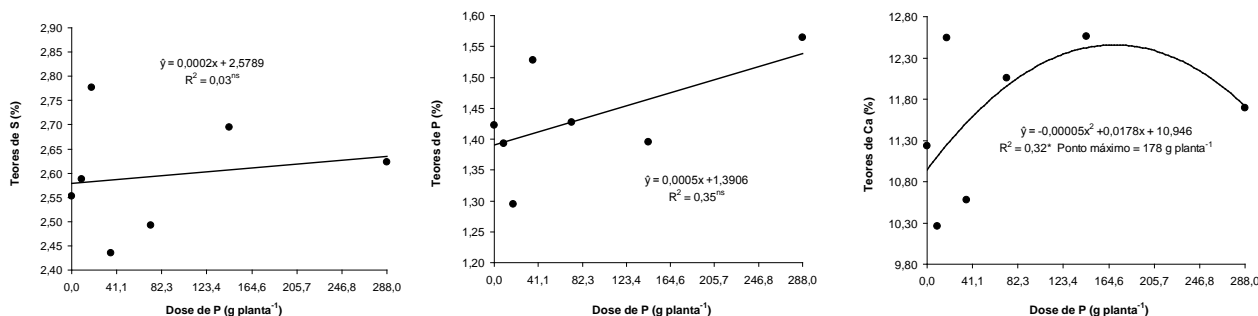


Figura 3 – Teores foliares de S, P e Ca no terceiro par de folha de cafeeiros adubados com diversas doses de fósforo.

CONCLUSÕES

As doses de fósforo testadas não afetaram significativamente os teores deste elemento no 1º e 3º pares de folhas.

A análise do primeiro par de folhas pode indicar inibição da absorção de S pelo P. O aumento do número de internódios esteve relacionado com a elevação dos teores de cálcio nas folhas do 3º par de folhas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCARDE, C.J. Fertilizantes. In.: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. 7, p. 740.
- ALVAREZ V, V.H.; ROSCOE, R.; KURIHARA, C.H.; PEREIRA, N.F. Enxofre. In.: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap.10, p.595-635.
- BATISTA, K. **Nitrogênio e enxofre na implantação do capim-Marandu em substituição ao capim-Braquiária em degradação num solo com baixa matéria orgânica**. 2006. 126p. (Tese Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br>> Acesso em: 21 março 2009.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, Roberto Ferreira et al. (Ed.) **Fertilidade do solo**. 1.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap.03, p.91-132.
- FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.
- GUERRA, A.F.; ROCHA, O.C.; RODRIGUES, G.C.; SANZONOWICZ, C.; RIBEIRO FILHO, G.C.; TOLEDO, P.M.R.; RIBEIRO, L.F. Sistema de produção de café irrigado: um novo enfoque. **ITEM**. Brasília, n.73, p.52-61, 2007.

- GUERRA, A.F.; RODRIGUES, G.C.; ROCHA, O.C.; SANZONOWICZ, C.; RIBEIRO FILHO, G.C. Respostas do cafeeiro arábica a aplicação de fósforo. In.: SIMPOSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 10., 2008, Araguari. **Resumos Expandidos...** Araguari: Embrapa Café, 2008. p 62-68.
- GUILHERME, M.R. **Fertilizantes Minercal + S: Ca + Mg + S** Características e eficiência. Sorocaba: Sistema Gráfico do Grupo Pagliato, 1988. 49p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638p.
- NOVAIS, R.F.; MELLO, J.W.V. Relação solo-planta. In: In.: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap.04, p.133-204.
- REIS, T.H.P. **Dinâmica e disponibilidade de fósforo em solos cultivados com cafeeiros em produção**. 2009. 144p. (Dissertação de mestrado) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; PEREIRA, E.M. Fontes e doses crescentes de P₂O₅ (fósforo) na formação do cafeeiro em solo de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 24.; 1998. Poços de Caldas. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBG/GERCA, 1998.p. 93-94.