

TEOR FOLIAR DE MACRONUTRIENTES EM CAFEIROS IRRIGADOS SOB DIFERENTES CRITÉRIOS E DUAS DENSIDADES DE PLANTIO¹

Myriane Stella Scalco²; Alberto Colombo³; Giselle Figueiredo de Abreu⁴; Gleice Aparecida Assis⁵,
Rubens José Guimarães⁶, Carlos Henrique M. de Carvalho⁷

1 Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café e com o apoio da Fundação de Amparo a Pesquisa do estado de Minas Gerais – FAPEMIG e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico - CNPq

2 Pesquisadora, D.Sc., UFLA, Lavras-MG, msscalco@dag.ufla.br

3 Professor Associado, PhD, UFLA, Lavras-MG, acolombo@deg.br

4 Graduanda em Agronomia, bolsista IN CNPq, UFLA, Lavras-MG, gfigueiredoabreu@hotmail.com

5 Doutoranda em Agronomia/Fitotecnia, M. Sc., UFLA, Lavras-MG, gleice_ufla@yahoo.com.br

6 Professor Associado, D.Sc., UFLA, Lavras-MG, rubensjg@dag.ufla.br

7 Doutorando Agronomia/Fitotecnia, M. Sc., UFLA, Lavras-MG, carvalhoagronomia@gmail.com

RESUMO: No agrossistema da cafeicultura irrigada não só a água deve ser otimizada, mas todos os insumos dentre os quais os fertilizantes, visando o retorno econômico, a sustentabilidade e a preservação ambiental. Este estudo teve como objetivo estabelecer correlações entre os teores foliares de nutrientes em cafeeiros irrigados e não irrigados em duas densidades de plantio. O experimento foi implantado em área experimental da Universidade Federal de Lavras – MG. O plantio (cultivar Rubi MG 1192) foi realizado em janeiro de 2001. A poda por esqueletamento e decote ocorreu em setembro de 2007. Os tratamentos constaram de: (i) irrigações pelo manejo do balanço hídrico climatológico – software Irriplus (BHC); (ii) irrigações quando a tensão da água do solo à profundidade de 0,25 m atingiu valores próximos a 20 kPa; (iii) irrigações quando a tensão da água do solo à profundidade de 0,25 m atingiu valores próximos a 60 kPa; (iv) testemunha não irrigada e duas densidades de plantio de 3333 (3,0 x 1,0 m), 10000 plantas ha⁻¹ (2,0 x 0,5 m). O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Para irrigação das parcelas foi utilizado um sistema de gotejamento. Os dados meteorológicos foram monitorados diariamente de uma estação meteorológica μ metos localizada na área experimental. Para monitoramento das tensões de água do solo foram utilizados tensiômetros instalados nas profundidades de 0,10; 0,25; 0,40 e 0,60 m. Foram avaliados os teores médios foliares dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S ao longo de três anos. Os teores médios foliares de P, Ca, Mg e S foram superiores para cafeeiros irrigados. O teor médio foliar de K e N não diferenciou entre cafeeiros irrigados e não irrigados. Na densidade de 10000 plantas ha⁻¹ (2,0 x 0,5 m) ocorreu maiores teores de K e Mg e na de 3333 plantas ha⁻¹ maior teor de Ca. Os teores médios foliares de N, P e S não diferenciaram entre densidades.

Palavras Chave: nutrientes, café, irrigação, espaçamento.

COFFEE PLANTS LEAF-MACRONUTRIENTS CONTENT UNDER DIFFERENT IRRIGATION REGIMES AND PLANTING DENSITIES

ABSTRACT: Environmental protection, profit, and sustainability of the irrigated coffee production chain relies not only on water use optimization but also on optimization of all others inputs, mainly fertilizers. This study had as objective to determine correlations among leaf-macronutrients content of irrigated and not irrigated coffee growing under different planting densities. The experiment was set up on an experimental area of the Universidade Federal de Lavras – MG. Planting was held in January 2001. Pruning was held on September 2007. Coffee plants growing at two different densities de 3333 (3,0 x 1,0 m) and 10000 plants ha⁻¹ (2,0 x 0,5 m) were submitted to the following treatments: (i) irrigation based on a meteorological soil water balance computed with the help of the Irriplus –software (BHC); (ii) irrigation when the soil water tension at the 0,25 m depth approaches a value near 20kPa; (iii) irrigation when soil water tension at the 0,25 m depth approaches a value 60 kPa; and (iv) a not irrigated control. An experimental design with randomized blocks with split plots and four replications was used. Parcels receiving irrigation were drip irrigated. Meteorological data were collected on a daily basis using an automatic μ metos station. Soil water tension was monitored with tensiometers installed at the depths of 0,10; 0,25; 0,40 e 0,60 m. Leaf contents of N, P, K, Ca, Mg e S were monitored during three consecutive years. Irrigated coffee plants showed higher leaf content of P, Ca, Mg and S. There were no differences on K and N leaf content among irrigated and non- irrigated plants. The highest contents of K e Mg; were observed at the 10000 plants ha⁻¹ (2,0 x 0,5 m) density. The highest Ca leaf content were observed at the 3333 plants ha⁻¹ density. There were no differences on N, P and S leaf content between planting densities.

Key words: nutrients, coffee, irrigation, spacing.

INTRODUÇÃO

O agrossistema da cafeicultura irrigada não deve ser visto e conduzido como uma cafeicultura de sequeiro + água. Neste agrossistema não só a água deve ser otimizada, mas todos os insumos dentre os quais os fertilizantes, visando o retorno econômico, a sustentabilidade e a preservação ambiental.

Atualmente são cultivados no Brasil 2.057.649, 00 hectares com 5.550.062.000 de covas, sendo que em Minas Gerais são cultivados 997.858,00 hectares, ou seja, 48,50% de toda a área cultivada no Brasil, com 3.073.595.000 de covas (CONAB, 2011). O consumo anual de nitrogênio (N) e potássio (K_2O) nos cafezais brasileiros pode chegar a 900.000 toneladas por ano de cada nutriente (Guimarães et al 1999). Nutrientes como o fósforo (P) que por muitos anos foi considerado como pouco demandado na cafeicultura, apresenta um consumo que chega a 164.611 toneladas de P_2O_5 por ano nos cafezais brasileiros.

Até 2007 as áreas irrigadas já ocupavam 10,3% das áreas cultivadas com cafeeiros no Brasil (Santinato et al. 2008). A tendência de aumento neste percentual é significativa em função das alterações climáticas que atinge até mesmo as maiores regiões produtoras como o sul de Minas Gerais. De acordo com Silva et al (2005) a prática da irrigação em Lavras, Sul de Minas, produziu efeitos significativamente positivos sobre a produtividade do cafeeiro o que também foi constatado por outros pesquisadores (Scalco, 2009; Oliveira, 2010).

São inúmeros os sistemas utilizados para irrigação das lavouras cafeeira, porém o gotejamento tem sido um dos mais empregados pelos cafeicultores. Uma das vantagens da irrigação por gotejamento é a fertirrigação, esta quando comparada ao sistema convencional de adubação oferece vantagens como: aumento de produtividade, melhoria na qualidade dos frutos, diminuição da compactação do solo pelo menor tráfego de máquinas; redução nos gastos com mão-de-obra e principalmente maior eficiência na utilização dos nutrientes dada à possibilidade de parcelamento e uniformidade na distribuição dos mesmos (Nogueira et al. 2000; Gomes et al. 2007; Carvalho et al., 2010; Pereira et al., 2010).

Quando a fertirrigação é realizada de maneira criteriosa, reduções nas doses de fertilizantes podem ser conseguidas sem afetar o desenvolvimento e conseqüentemente, a produtividade das culturas. Fagundes (2006) estudando o efeito de doses correspondentes a 50 até 150 % das recomendadas por Guimarães et al., (1999) para N e K_2O , via líquida, na adubação de cobertura pós-plantio do cafeeiro, não detectou efeito das doses sobre o crescimento das plantas. Concluiu que na aplicação, via líquida no pós-plantio do cafeeiro, pode-se reduzir em até 50% a dose recomendada para lavouras cultivadas em sequeiro. Sobreira et al., (2011) trabalhando com lavouras fertirrigadas, recomendam que a adubação de N e K_2O do cafeeiro fertirrigado em formação (1º e 2º anos de formação da lavoura) deve ser 30% inferior a recomendada por Guimarães et al. (1999) para o cultivo em sequeiro.

Embora devido à baixa solubilidade o fósforo seja aplicado antes do plantio, Vitti et al., (1994) relatam que nutrientes como o fósforo, cálcio e magnésio, quando aplicados via fertirrigação, têm acelerada sua movimentação através do perfil do solo e por meio da irrigação por gotejamento o movimento do fósforo pode aumentar de 5 a 10 vezes (Villas Bôas et al., 1999). O aumento na distribuição de fósforo no solo, na fertirrigação por gotejamento segundo Zanini et al., (2007) ocorre porque a irrigação provoca maior concentração em uma faixa estreita, saturando os sítios de fixação próximos ao ponto de aplicação.

Um dos métodos mais precisos e seguros para se verificar a eficiência da aplicação de fertilizantes é a diagnose foliar e no caso da cafeicultura fertirrigada isto não foge a regra.

Este estudo teve como objetivo estabelecer correlações entre os teores foliares de nutrientes com diferentes critérios de irrigação e a testemunha não irrigada, em duas densidades distintas de plantio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado em área experimental da Universidade Federal e Lavras – MG e o plantio da cultivar Rubi MG 1192 realizado em janeiro de 2001 e a poda por esqueletamento e decote ocorreu em setembro de 2007. Os tratamentos constaram de: (i) irrigações pelo manejo do balanço hídrico climatológico – software Irriplus (BHC); (ii) irrigações quando a tensão da água do solo à profundidade de 0,25 m atingiu valores próximos a 20 kPa; (iii) irrigações quando a tensão da água do solo à profundidade de 0,25 m atingiu valores próximos a 60 kPa; (iv) testemunha não irrigada estudados nas densidades de plantio de 3333 (3,0 x 1,0 m), 10000 plantas ha^{-1} (2,0 x 0,5 m). O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Para irrigação das parcelas foi utilizado um sistema de gotejamento, com gotejadores autocompensantes de vazão de 3,78 litros h^{-1} , espaçados de 0,4 m formando uma faixa molhada ao longo da fileira de plantas. Os dados meteorológicos necessários ao cálculo das irrigações pelo critério do balanço hídrico climatológico foram coletados diariamente de uma estação meteorológica μ metos localizada na área experimental. Para monitoramento das tensões de água do solo foram utilizados tensiômetros instalados nas profundidades de 0,10; 0,25; 0,40 e 0,60m. A adubação com nitrogênio (N) e potássio (K), via fertirrigação, foi feita segundo recomendação de Guimarães et al. (1999) e corrigida em 30% para cafeeiros irrigados (Santinato & Fernandes, 2002). Após a poda (2008) foram aplicadas 20 g de P_2O_5 /planta. Nos dois anos seguintes o fósforo (P) foi aplicado na dose de 300 kg ha^{-1} seguindo a recomendação de Guerra et al. (2007). Para as aplicações, via fertirrigação, foi utilizado como fonte de P_2O_5 o monofosfato diamônico (MAP purificado) que

também forneceu parte do Nitrogênio necessário. Foram avaliados os teores médios foliares dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S ao longo de três anos em folhas coletadas do terço médio superior de três plantas de três repetições sempre no mês de janeiro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores médios de macronutrientes são aqui discutidos em função da densidade de plantio e das irrigações separadamente.

Com base nas avaliações dos teores foliares médios ao longo dos três anos (Tabelas 1), observou-se que: o teor foliar de N, P e S não foram influenciados pela densidade de plantio. A não diferenciação destes nutrientes em sistemas adensados e não adensados pode estar relacionada à época de avaliação. Em relação ao P, entretanto, Augusto et al. (2007) trabalhando com a cultivar Rubi MG192 encontraram resposta linear de aumento no teor de P em função da redução do espaçamento. Esse mesmo comportamento foi verificado por Prezotti & Rocha (2007). Os autores comentam que cafeeiros submetidos ao sistema de cultivo adensado apresentaram maiores teores foliares de P e K quando comparados àqueles cultivados em espaçamento mais largos. Em relação ao N postula-se que em janeiro e junho os cafeeiros acumulam maiores quantidades de matéria e nutrientes nos frutos (Prado, 2004). O N juntamente com o K são os nutrientes mais exportados pelos grãos do café (Malavolta, 1993; Villaseñor, 1987).

Os teores médios de K e Mg foram superiores na densidade de 10000 plantas ha⁻¹ em relação à de 3333 plantas ha⁻¹ enquanto o teor de Ca foi superior na densidade de 3333 plantas ha⁻¹. Esse comportamento pode estar fundamentado em: (i) os teores de K, Ca e Mg em função do adensamento podem variar em função da cultivar (Augusto et al., 2007); (ii) maiores teores foliares de K e Mg no plantio mais adensado corroboram com o postulado de Rena e Maestri (1986). Segundo os autores no plantio adensado, as exigências minerais não são proporcionais ao aumento da população. A utilização dos fertilizantes é mais eficiente, em razão do maior número de raízes por volume de solo; e finalmente, (iii) o maior teor de Ca no plantio menos adensado pode corroborar com as afirmativas de Augusto et al. (2007). O Ca é fornecido através da calagem em área total e em espaçamentos mais largos a maior área por unidade de raízes pode formar um maior reservatório deste nutriente e conseqüentemente um aumento do teor foliar.

TABELA 1: Teores médios foliares de macronutrientes (g kg⁻¹) para duas densidades de plantio.

Densidade	Teor Foliar (g kg ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
10000 plantas ha ⁻¹	33 a	1,7 a	26 a	8,6 b	2,9 a	2,2 a
3333 plantas ha ⁻¹	33 a	1,8 a	25 b	10,5 a	2,5 b	2,2 a

Em relação à irrigação observou-se que o teor médio de N e K não diferenciou entre cafeeiros irrigados e não irrigados e nem entre critérios de irrigação avaliados. De acordo com Coelho (1994), o nitrogênio é o elemento mais freqüentemente aplicado, via água de irrigação, pela sua solubilidade e por apresentar em relação aos outros nutrientes, alta mobilidade no solo e conseqüentemente alta potencial de perdas, principalmente por lixiviação. A adubação de N e K, ao longo dos três anos de avaliação, foi feita no período no qual as chuvas são mais intensas e freqüentes (outubro-janeiro). Mesmo parcelados em oito aplicações esses nutrientes, ambos com alta mobilidade no solo, podem ter sido perdidos por lixiviação nos sistemas irrigados. Em contrapartida, a ocorrência de chuvas freqüentes parece ter favorecido a absorção destes nutrientes por cafeeiros não irrigados.

Cafeeiros não irrigados apresentaram teor médio foliar de P significativamente menor em relação aos cafeeiros irrigados, porém esse teor não diferenciou entre critérios de irrigação adotados. Com base nos valores médios obtidos (Tabela 2) é possível inferir que o aumento no teor foliar de P foi crescente em relação ao aumento das lâminas médias de irrigação aplicadas nos três anos de avaliação. Comportamento semelhante foi verificado para os nutrientes Ca, Mg e S sendo que seus teores médios foram superiores quando as irrigações foram baseadas em valores próximos a tensão de 60 kPa. Entre o magnésio e o fósforo existe associação sinérgica (Menard & Malavolta, 1962) que foi comprovada para cafeeiros neste estudo. Para o Ca podem ser feitas as mesmas considerações em relação ao sinergismo com o P (Malavolta et al. 1997). Este nutriente quando em níveis adequados no solo pode aumentar a disponibilidade e, conseqüentemente a absorção dos demais nutrientes. Sob condições equilibradas de disponibilidade hídrica no solo o processo de absorção pode ser facilitado, pois a água é o meio mais eficiente de transporte de nutrientes. De acordo com Gopal (1974), a deficiência de água no solo tem reflexos negativos sobre o sistema radicular do cafeeiro, particularmente sobre as raízes absorventes, limitando a absorção de água e minerais, o crescimento da parte aérea e a produção da planta.

Considerando os valores recomendados por Malavolta et al. (1997) foi verificado que os teores foliares dos nutrientes analisados se encontram dentro da faixa de recomendação. A exceção foi para o P cujos teores médios em cafeeiros não irrigados e irrigados com base nas tensões de 20 e 60 kPa situaram-se um pouco abaixo do recomendado. Porém, com base na recomendação de Matiello et al. (2005) esses teores foliares de P e demais nutrientes se encontram em níveis adequados para o cafeeiro.

TABELA 2: Teores médios foliares de macronutrientes (g kg^{-1}) para cafeeiros não irrigados e irrigados sob diferentes critérios.

Critério	Teor Foliar (g kg^{-1})					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Não irrigado	33 a	1,6 b	26 a	9,0 b	2,4 b	2,2 b
60 kPa	33 a	1,8 a	25 a	10 a	2,8 a	2,3 a
20 kPa	33 a	1,9 a	25 a	10 a	2,7 a	2,2 b
BHC	33 a	2,0 a	25 a	10 a	3,0 a	2,2 b

Embora as lâminas de irrigação aplicadas pelo diferentes critérios (Tabela 3) tenham sido maiores no sistema mais adensado, tal fato não necessariamente refletiu em maiores teores foliares (Tabela 1). Além da disponibilidade hídrica do solo, outros fatores podem estar envolvidos no processo de absorção de nutrientes nos diferentes sistemas de plantio do cafeeiro. O teor inicial de nutrientes no solo é um deles, além da produção em cada ano. Segundo Malavolta (2002) mesmo em ano de baixa produção a demanda de nutrientes continua, sendo direcionada principalmente, para o crescimento de ramos plagiotrópicos e para a formação de novos ramos, folhas e raízes que vão substituir o fruto como dreno de carboidratos e nutrientes. Os casos severos de desfolhamento, conhecidos por depauperamento do cafeeiro, de acordo com Rena et al. (1983), ocorrem devido à excessiva mobilização de nutrientes pelos frutos, resultado da grande carga e pequena razão folha/ fruto, característicos da espécie. Pode ocorrer ainda o “efeito de diluição”, no qual apesar da maior quantidade (g kg^{-1}) de nutriente absorvida pelas plantas, esse se encontra diluído na maior quantidade de matéria seca produzida (%) em função de um maior crescimento (Guimarães et al. 2010). No caso do P, fica nítido que critérios com maiores lâminas aplicadas beneficiaram a absorção deste nutriente e consequentemente seus teores médios foliares se apresentaram acima do encontrado em cafeeiros não irrigados.

Esse é um resultado importante tendo em vista uma possível economia de fertilizantes em lavouras irrigadas e fertirrigadas. É possível inferir ainda, que diante da igualdade no teor de P, Ca, Mg e S para os diferentes critérios de irrigação adotados que: (i) qualquer um deles pode ser utilizado para manejo da irrigação, sem prejuízo ao estado nutricional das plantas; (ii) irrigações menos frequentes baseadas na tensão de 60 kPa podem representar uma economia de água e energia sem prejuízo ao estado nutricional do cafeeiro.

TABELA 3: Lâminas aplicadas (mm) e precipitações anuais (mm) nos diferentes critérios de irrigação e duas densidades de plantio do cafeeiro.

Ano	Lâminas de irrigação (mm) aplicadas em três critérios de irrigação e duas densidades de plantio						Chuva
	3333 plantas ha^{-1}			10000 plantas ha^{-1}			
	BHC	20 kPa	60 kPa	BHC	20 kPa	60 kPa	
2008	254,9	353,1	195,3	405,5	561,1	254,7	1586,4
2009	513,2	292,2	195,2	623,4	596,2	264,6	1812,0
2010	412,5	344,2	284,0	514,6	687,2	460,3	1249,0
Média	393,5	329,8	224,8	514,5	614,8	361,7	1549,0
Chuva + irrigação (mm)	1942,5	1878,8	1773,8	2063,5	2163,8	1910,7	

CONCLUSÕES

- Os maiores teores foliares de P, Ca, Mg e S verificados para os diferentes critérios de irrigação indicam maior absorção destes nutrientes em lavouras cafeeiras irrigadas.
- Em plantios mais adensados de 10000 plantas ha⁻¹ (2,0 x 0,5 m) pode haver um maior aproveitamento de K e Mg pelas raízes induzindo maior absorção foliar destes nutrientes.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG pelo apoio financeiro para participação no VII Simpósio de Pesquisa dos Cafês do Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUGUSTO, H. S.; MARTINEZ, H. E. P.; SAMPAIO, N. F.; CRUZ, C. D.; PEDROSA, A. W. Concentração foliar de nutrientes em cultivares de *Coffea arabica* L., sob espaçamentos adensados. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 973-981, jul./agos., 2007.
- CARVALHO, A.M. de; MENDES, A.N.G.; CARVALHO, G.R.; BOTELHO, C.E.; GONÇALVES, F.M.A.; FERREIRA, A.D. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p. 269-275, 2010.
- COELHO, A. M. Fertirrigação. In: COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília: EMBRAPA, 1994. p. 201-228.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Avaliação da Safra Agrícola Cafeeira – 1ª Estimativa - Janeiro/2011. Disponível em:
http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_01_06_08_52_41_boletim_cafe_1a_estimativa_safra_2011.pdf. Acesso em: 04 mar. 2011.
- FAGUNDES, A.V. **Adubação líquida na implantação da lavoura cafeeira (*Coffea arabica* L.)**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 54 p.2006.
- GOMES, N.M.; LIMA, L.A.; CUSTODIO, A. A. de P. Crescimento vegetativo e produtividade do cafeeiro irrigado no sul do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, p. 564-570, 2007.
- GOPAL, N.H. Same physiological factors to be considered for stabilization of arabica coffee production in South India. **Indian Coffee**, Bangalore, v. 38, n. 8, p. 217-221, 1974.
- GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C.; SANZONOWICZ, C.; FILHO, G. C. R.; TOLEDO, P. M. dos R. Sistema de produção de café irrigado: um novo enfoque. **Item**, ABID: Brasília, n. 63, p. 52-61, 2007.
- GUIMARÃES, R. J. ; SCALCO, M. S. ; COLOMBO, Alberto ; ASSIS, G. A. ; CARVALHO, G. R. . Doses e parcelamentos da adubação de N e K₂O para período de formação de cafeeiros fertirrigados. **Coffee Science**, v.5, p. 137- 147, 2010.
- GUIMARÃES, P.T.G.; GARCIA, A.W.R.; ALVAREZ V., V.H.; PREZOTTI, L.C.; VIANA, A.S.; MIGUEL, A.E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J.B.; LOPES, A.S.; NOGUEIRA, F.D.; MONTEIRO, A.V.C. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 289-302.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MALAVOLTA, E. Nutrição mineral e adubação do cafeeiro: colheitas econômicas máximas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 210 p.
- MALAVOLTA, E.; FAVARIN, J. L.; MALAVOLTA, M.; CABRAL, C.P.; HEINRICHS, R.; SILVEIRA, J.S.M. Repartição de nutrientes nos ramos, folhas e flores do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 7, p. 1017-1022, 2002.
- MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. 2. ed. Rio de Janeiro, MAPA/PROCAFE, 2005, 438p.

MENARD, L. N. & MALAVOLTA, E. Estudos sobre alimentação mineral do cafeeiro. VII. Interação entre fósforo e ferro em cafeeiro (*Coffea arábica* L., var. Caturra KMC) cultivado em solução nutritiva. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 19, p. 23-33, 1962.

NOGUEIRA, C.C.P.; COELHO, E.F.; LEÃO, M.C.S. Características e dimensões do volume de um solo molhado sob gotejamento superficial e subsuperficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 315-20, 2000.

OLIVEIRA, E. I. DE; FARIA, M. A.; REIS, R. P.; SILVA, M. DE L. O. Manejo e viabilidade econômica da irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro Acaí considerando seis safras. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 887-896, set./out. 2010.

PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; BEUTLER, S.J.; TORRES, J.L.R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 508-514, 2010.

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

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A.B. et al. **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1986. p. 14-85.

RENA, A.B.; PEREIRA, A. A.; BARTHOLO, G.F.; Teor foliar de minerais, conteúdo caulinar de amido e o depauperamento de algumas progênies de cafês resistentes à ferrugem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRA, 10., 1983, Poços de Caldas **Anais...**Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983. p.169-170.

SANTINATO, R. & FERNANDES, A. L. T. Cultivo do cafeeiro irrigado em plantio circular sob pivô central. Belo Horizonte: O Lutador, 2002. 252p.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. 2a Ed. Uberaba: Editora O Lutador, 476p. 2008. ISBN: 978-85-902738-3-7.

SCALCO, M. S.; ALEXANDRE, L. P. B.; COLOMBO, A.; GUIMARÃES, R. J. MAGALHÃES, P. B. Comportamento da produção do cafeeiro para dois espaçamentos de plantio em função do manejo da irrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 11, 2009, Araguari. 2009, **Anais...** Araguari: ACA, 2009. (CD ROM).

SILVA, A. M. da; COELHO, G.; SILVA, R. A. Da. Épocas de irrigação e parcelamento de adubação sobre a produtividade do cafeeiro, em quatro safras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.3, p.314-319, 2005.

SOBREIRA, F. M.; GUIMARÃES, R. J.; COLOMBO, A.; SCALCO, M. S. CARVALHO, J. G. Adubação nitrogenada e potássica de cafeeiro fertirrigado na fase de formação, em plantio adensado **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.46, n.1, p.9-16, jan. 2011.

VILLAS BÔAS, R.L.; BÜLL, L.T.; FERNÁNDEZ, D.M.; Fertilizantes em fertirrigação. In: FOLEGATTI, M.V. (Coord.) **Fertirrigação: citrus, flores e hortaliças**. Guaíra: Livraria Editora Agropecuária, 1999. p. 293-319.

VILLASENÖR, A. 1987. Cafeticultura moderna en Mexico. Editorial Futura S. A. Texcoco, Estado de Mexico, México, 1987.

VITTI, G.C.; BOARETTO, A.E.; PENTEADO, S.R. Fontes de fertilizantes e fertirrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FERTILIZANTES FLUIDOS. Piracicaba, 1993. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/CENA, POTAFOS, 1994. p. 233-256.

ZANINI, J. R.; BARRETO, A. K. G.; FORATO, L. C.; NATALE, W. Distribuição de fósforo no bulbo molhado, aplicado via fertirrigação por gotejamento com ácido fosfórico. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.180-193, jan./abr. 2007.

