

AValiação DO EFEITO DA IRRIGAÇÃO NO ESTADO NUTRICIONAL DO CAFEIRO (*Coffea arabica* L.) APÓS FERTIRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA

Paola Alfonsa Vieira Lo Monaco¹; Antonio Teixeira de Matos²;
Gustavo Haddad Souza Vieira³; Valdeir Eustáquio Júnior⁴

(Recebido: 08 de março de 2010; aceito: 28 de outubro de 2010)

RESUMO: Com a realização deste trabalho, objetivou-se avaliar o efeito da irrigação no estado nutricional do cafeeiro, após realizada a fertirrigação com águas residuárias do processamento de seus frutos (ARC). A dose de ARC aplicada para fertirrigação foi calculada com base na concentração de potássio que ela apresentava após ter passado por um filtro orgânico, tendo sido estabelecida a dose de 66,4 g cova⁻¹ de potássio, o que correspondeu, aproximadamente, ao dobro da recomendação de adubação potássica de 80 g de K₂O cova⁻¹, para aplicação anual na cultura do cafeeiro. Dois tratamentos foram estabelecidos: no primeiro (L1), aplicou-se a dose de ARC no cafeeiro nos meses de maio, junho e julho e, no segundo tratamento (L1*), aplicou-se, no mesmo período, a mesma dose, porém prosseguindo-se com a irrigação até o dia 1 de dezembro. Os dados foram submetidos à análise de variância com a aplicação do teste F, a 10% de probabilidade. Com base nos resultados obtidos, pôde-se concluir que a fertirrigação do cafeeiro com ARC, seguida ou não de irrigação nos meses de agosto a dezembro, proporcionou adequada nutrição do cafeeiro no que se refere ao potássio, ferro e zinco; teores foliares de nitrogênio, fósforo e manganês acima do considerado adequado e teores de cálcio e magnésio abaixo do considerado adequado e a continuidade na irrigação, após ter sido submetido à fertirrigação com a ARC, não alterou a concentração de macro e micronutrientes, à exceção do cobre, nas folhas do cafeeiro.

Palavras-chave: Tratamento de resíduos, café, nutrição vegetal.

EVALUATION OF THE EFFECT OF NUTRITIONAL STATUS OF IRRIGATION IN COFFEE (*Coffea arabica* L.) AFTER FERTIRRIGATION WITH WASTEWATER

ABSTRACT: This work aimed to evaluate the effect of irrigation on the nutritional status of coffee, held after the irrigation with wastewater from coffee fruit processing (ARC). The dose of ARC applied for fertirrigation was calculated based on its potassium concentration after going through an organic filter, having established the dose of 66.4 g of potassium per plant -1, which corresponded roughly to double the amount recommended for potassium fertilizer which is at 80 g K₂O per plant-1 for annual application in coffee plants. Two treatments were established: the first (L1), received a dose of ARC in the coffee plants in May, June and July and the second treatment (L1 *) received the same dose in the same period, but irrigation was continued until December 1. Data were subjected to a analysis of variance via the F test, a 10% probability. Based on these results, we concluded that coffee irrigation with CSA, whether or not carried out in the months from August to December, provided proper nutrition in relation to potassium, iron and zinc; levels of leaf nitrogen, phosphorus and manganese were more than adequate and levels of calcium and magnesium were below what is considered appropriate and continued irrigation, after being subjected to fertirrigation with the ARC did not alter the concentration of macro and micronutrients, with the exception of copper in the coffee leaves.

Keywords: Waste treatment, coffee, plant nutrition.

1 INTRODUÇÃO

A atividade da separação hidráulica e da lavagem e descascamento dos frutos do cafeeiro, necessária para a redução do custo de secagem e a melhoria da qualidade de bebida, é geradora de

grandes volumes de resíduos sólidos e líquidos, ricos em material orgânico e inorgânico que, se dispostos no meio ambiente sem tratamento, podem causar grandes problemas ambientais como degradação ou destruição da flora e da fauna, além de comprometer a qualidade da água e do solo (MATOS et al., 2007).

¹Engenheira Agrícola, D.S., Profa. do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, *Campus* Santa Teresa. Rodovia ES 080, km 21, São João de Petrópolis, Santa Teresa, Espírito Santo. 29660-000, paolalomonaco2004@yahoo.com.br.

²Engenheiro Agrícola, D.S., Professor Associado do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, 36.570-000, Viçosa, MG. atmatos@ufv.br.

³Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa, 36.570-000, Viçosa, MG. ghsv2000@yahoo.com.br.

⁴Engenheiro Agrícola e Ambiental, Doutorando em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa, 36.570-000, Viçosa, MG. vejunior@yahoo.com.br.

A utilização de águas residuárias na agricultura é uma alternativa para o controle da poluição das águas superficiais e subterrâneas, disponibilização de água e fertilizantes para as culturas, reciclagem de nutrientes e aumento da produção agrícola (LO MONACO et al., 2009a), além da redução do volume de água captada em rios ou lagos para fins de irrigação (CARVALHO et al., 2008). Entretanto, para que isso possa se tornar uma prática viável é preciso que sejam desenvolvidas técnicas adequadas de tratamento, aplicação e manejo de águas residuárias.

Pesquisas têm sido desenvolvidas com o intuito de se aplicar esgoto doméstico (MEDEIROS et al., 2005a, 2005b, 2008; SOUZA et al., 2005a, 2005b, 2005c), água residuária da suinocultura (GONÇALVES et al., 2006) e água residuária do processamento dos frutos do cafeeiro (LO MONACO et al., 2007, 2009a) como fertirrigação no próprio cultivo do cafeeiro, como sendo uma forma técnica e ambientalmente adequada na disposição dessas águas residuárias. De acordo com Lo Monaco et al. (2009a), o aproveitamento de águas residuárias ricas em nutrientes na fertirrigação de culturas agrícolas possibilitou o aumento da produtividade e qualidade dos produtos colhidos, redução da poluição ambiental, além de promover melhoria nas características químicas, físicas e biológicas do solo.

Os dados obtidos com as pesquisas relacionadas à irrigação do cafeeiro têm indicado a necessidade de aprofundar os estudos sobre o manejo e época de irrigação que venham a proporcionar a concentração da florada e, conseqüentemente, uniformizar a maturação dos grãos de café.

Muitos são os trabalhos avaliando a uniformidade de florada e a produtividade do cafeeiro quando se irriga em diferentes épocas, aplicando-se ou não déficits hídricos. Soares et al. (2005), ao avaliarem o número de flores emitidas e número de frutos colhidos por ramo do cafeeiro, testaram os seguintes tratamentos referentes à imposições de déficit hídrico: não irrigado; irrigado permanente; déficit por 30 dias (junho); déficit por 60 dias (junho/julho); déficit por 30 dias (julho) e déficit por 60 dias (junho/agosto). Os autores não observaram diferença estatística, entre todos os tratamentos para o número de flores emitidas; para o número de frutos colhidos, apenas o tratamento não irrigado apresentou diferenças significativas em relação aos demais

tratamentos. Guerra et al. (2006), trabalhando com cafeeiros Catuaí Rubi MG 1192 implantados no espaçamento de 2,80 m x 0,50 m, verificaram que a suspensão da irrigação no período de junho a final de agosto, até que o potencial de água na folha, medido entre 3 e 5 horas da madrugada, atingisse -2,0 MPa, garantiram floração única e uniforme. Rezende, Faria e Miranda (2009) ao avaliarem o comportamento da floração e produção do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado por gotejamento em diferentes épocas (sem irrigação; sem irrigação apenas em junho e julho; sem irrigação apenas em julho; irrigação apenas em abril e maio; irrigação apenas em abril, maio e junho; irrigação durante todo o ano), observaram que houve tendência de obtenção de maior número de flores e produtividade nos tratamentos nos quais houve suspensão da irrigação apenas em junho e julho.

A fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias do processamento dos seus frutos, seguida ou não de irrigação convencional, tem sido, porém, objeto de dúvidas, notadamente no que se refere ao manejo do sistema e a possíveis interferências na nutrição, uniformidade na florada e na produtividade das plantas.

Em razão da pouca disponibilidade de informações a respeito especificamente do estado nutricional do cafeeiro submetido a diferentes formas de manejo de fertirrigação/irrigação, teve-se, com a realização deste trabalho, o objetivo de avaliar a influência da irrigação, após realizada a fertirrigação com águas residuárias do processamento de seus frutos, no estado nutricional do cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado e conduzido na Área Experimental de Irrigação e Drenagem do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

A água residuária da lavagem e descascamento dos frutos do cafeeiro utilizada nos ensaios foi coletada na unidade beneficiadora da UFV, cujo volume era coletado e transportado para a área experimental com um caminhão pipa. A caracterização química média da água residuária bruta e filtrada, utilizada durante o período experimental está apresentada na Tabela 1.

A ARC foi passada em filtro orgânico (LO MONACO et al., 2009b; MAGALHÃES et al.,

2005, 2006), constituído por tambor, com área transversal de 0,26 m² e 1,3 m de altura, contendo válvula de gaveta, posicionada na sua parte inferior para permitir a saída da água filtrada. Como material filtrante da ARC, foi utilizado o pergaminho de grãos de café (*Coffea arabica* L.), seco ao ar e passado em peneira, obtendo-se partículas de diâmetro entre 2 e 3 mm, segundo recomendações de Lo Monaco et al. (2004), por se tratar de uma faixa granulométrica que proporciona maior filtração sem, contudo, aumentar em demasia a perda de carga hidráulica no sistema.

A cada 2000 L de filtragem, amostras da ARC filtrada eram coletadas e encaminhadas ao Laboratório de Qualidade da Água, do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, para serem quantificadas a concentração de potássio, por fotometria de chama, seguindo-se metodologia apresentada pelo *Standard Methods...* (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA, 2005).

Com base nas análises de conteúdo de potássio da ARC filtrada, nutriente contido em maior concentração nessas águas, estabeleceu-se a dose de ARC, baseada na aplicação de 66,4 g cova⁻¹ de potássio. Essa dose correspondeu, aproximadamente, ao dobro da necessidade de potássio recomendada (80 g de K₂O cova⁻¹), para aplicação anual na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG, 1999), considerando a disponibilidade de 135 mg dm⁻³ de potássio trocável no solo (Tabela 2), antes de ser iniciada a aplicação de ARC na área de cafeeiro.

Dois tratamentos foram estabelecidos: no primeiro (L1), aplicou-se no cafeeiro a dose de ARC estabelecida com base nas recomendações de adubação potássica, nos meses de maio, junho e julho de 2004, sendo que, nesse tratamento, houve déficit hídrico do dia 15/08 ao dia 30/10/2004. No segundo tratamento (L1*), aplicou-se, no mesmo período, a mesma dose de ARC, porém prosseguindo-se com a irrigação (aplicação de água da rede de abastecimento da UFV), não sofrendo a cultura nenhum déficit hídrico até o mês de dezembro.

Caso a dose L1 de ARC fosse inferior à demanda evapotranspirométrica da cultura do cafeeiro no período entre aplicações, em ambos os tratamentos, ela era completada com água da rede

de abastecimento até se chegar à lâmina de água demandada pela cultura.

O volume de água a ser aplicado no cafeeiro (V), em litros, foi calculado utilizando-se a Equação 1:

$$V = (ET_c - P_{efetiva})K_L \cdot A_{planta} \quad \text{Eq. (1)}$$

em que:

P_{efetiva}: precipitação efetiva (mm);

A_{planta}: área da planta (m²);

K_L: coeficiente de localização.

O coeficiente de localização (K_L) foi calculado conforme apresentado na Equação 2:

$$K_L = PS + 10\% \quad \text{Eq. (2)}$$

A porcentagem de área sombreada (PS) foi calculada conforme apresentado na Equação 3:

$$(PS) = \frac{D_{copa} \cdot L_{plantas}}{L_{linhas} \cdot L_{plantas}} \quad \text{Eq. (3)}$$

em que:

PS: porcentagem de área sombreada (%);

D_{copa}: diâmetro da copa das plantas (m);

L_{plantas}: distância entre as plantas na linha de plantio (m);

L_{linhas}: distância entre as linhas de plantio (m).

A aplicação da ARC nos dois tratamentos foi feita, parceladamente, de forma a subdividir a aplicação da dose total num período de dois meses (segunda quinzena de maio até primeira quinzena de julho), correspondente ao de geração da ARC. A aplicação da ARC na área das raízes foi dosada utilizando-se provetas e respeitando-se a taxa de infiltração da água residuária no solo.

O conteúdo de água no solo foi estimado a partir do balanço hídrico, obtido utilizando-se o *software Irriplus*, municiado com dados meteorológicos locais, como precipitação, temperatura e umidade relativa do ar, o que possibilitou verificar-se a ocorrência ou não de déficit de água para a cultura.

Na Figura 1 está apresentada a variação estimada no conteúdo de água no solo, durante o período de realização do experimento. Observa-se

Tabela 1 – Caracterização química média da ARC bruta e filtrada, utilizada durante o período experimental

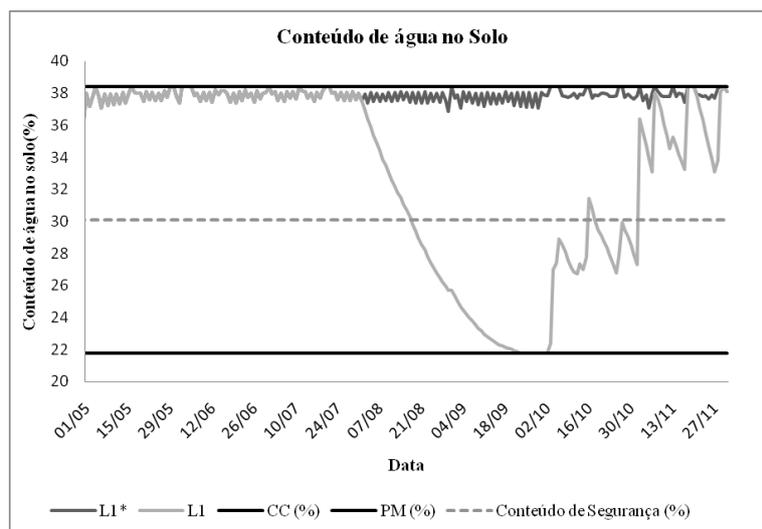
ARC	pH	K-total	Na-total	N-total	P-total	Matéria orgânica*
		-----mg L ⁻¹ -----				
Bruta	4,48	414,66	13,20	20,00	19,51	0,54
Filtrada	4,44	1.122,8	9,86	23,76	55,13	0,68

* Estimativa com base nos valores de sólidos voláteis (SV).

Tabela 2 – Características químicas do solo nas camadas de 0 a 20 cm, 20 a 40 cm, 40 a 60 cm e 60 a 90 cm

Camadas (cm)	pH	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al
	H ₂ O	-----mg dm ⁻³ -----			-----cmol _c dm ⁻³ -----			
0-20	5,51	12,30	135,00	0	2,68	0,73	0	3,10
20-40	5,28	4,50	77,00	0	2,06	0,53	0	2,60
40-60	5,19	1,20	51,00	0	1,57	0,37	0	2,50
60-90	4,93	1,30	61,00	0	1,19	0,24	0	2,00

pH em água, Relação 1:2,5; P – Na – K, Extrator Mehlich 1; Ca – Mg – Al – Extrator: KCl – 1 mol L⁻¹; H + Al – Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L⁻¹ – pH 7,0.

**Figura 1** – Conteúdo de água no solo, indicando os limites superior (Capacidade de Campo) e inferior (Ponto de Murchamento), para os tratamentos durante o experimento.

que, no solo das parcelas experimentais submetidas ao tratamento L1, houve decréscimo acentuado no conteúdo de água do solo, atingindo o conteúdo de água de segurança (representado pela linha tracejada). Dessa forma, o tratamento L1 foi caracterizado por proporcionar um déficit hídrico na

cultura a partir do dia 15 de agosto, condição que perdurou até o dia 30 de outubro.

De acordo com a análise de solo, referente à coleta realizada imediatamente após o término das aplicações de ARC, procedeu-se às adubações complementares àquela proporcionada pela aplicação

de ARC. A adubação do solo consistiu na aplicação de calcário (PRNT de 83 %), sob a copa, o que foi realizado no dia 23/10/04. Considerando-se uma produtividade esperada de 50 a 60 sacas ha⁻¹, foi estabelecida, seguindo-se o critério da CFSEMG (1999), a recomendação de aplicação de 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de nitrogênio. Assim, a adubação nitrogenada foi feita com uréia, dividida em três doses semanais, sendo a primeira dose aplicada no dia 23/10/04; a segunda, no dia 30/10/04 e a terceira no dia 07/11/04. No caso da adubação fosfatada, a aplicação de P₂O₅ foi baseada na concentração de fósforo disponível no solo das parcelas experimentais e na porcentagem de argila do solo da área (52 %). A adubação convencional de fósforo consistiu na aplicação de superfosfato simples aplicado de uma só vez, em cova única, de 0,15 m de profundidade, na projeção da copa das plantas, no dia 23/10/04. A adubação foliar, realizada no dia 16/11/04, consistiu na pulverização com ácido bórico, sulfato de zinco e oxiclreto de cobre, numa concentração de 3 g L⁻¹ de cada fonte de micronutrientes. Para fixar os adubos foliares pulverizados, aplicou-se também espalhante adesivo, numa concentração de 0,5 g L⁻¹, de acordo com a recomendação de CFSEMG (1999).

Para avaliar-se o estado nutricional do cafeeiro após as plantas terem sido submetidas aos diferentes tratamentos, folhas foram coletadas nos meses de maio, junho, julho, agosto e dezembro, sendo esse último mês, o mais importante para avaliar o estado nutricional do cafeeiro, uma vez que é a fase que antecede o enchimento dos frutos.

A amostragem foliar consistiu-se nas coletas do 3° e 4° pares de folhas a partir do ápice de ramos produtivos, situados na porção mediana das plantas. Em cada parcela (constituídas de 6 plantas), foram coletadas, em média, 10 folhas, que foram secadas em estufa, por 72 horas, e imediatamente moídas e encaminhadas ao Laboratório de Nutrição de Plantas, do Departamento de Fitotecnia da UFV. As análises de folhas consistiram na quantificação das concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, zinco, cobre e manganês, seguindo-se as recomendações da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (1999).

O experimento foi arranjado no delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos (aplicação de ARC seguida ou não de irrigação das

plantas no período de agosto a dezembro) com seis repetições (6 plantas).

Os dados de concentração de macro e micronutrientes nas folhas do cafeeiro, obtidos a cada mês de cultivo, foram submetidos à análise de variância com a aplicação do teste F, a 10% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como a análise de variância não indicou efeito dos tratamentos nas concentrações de macronutrientes e nas concentrações de ferro, zinco e manganês na folha do cafeeiro, ao longo do período de monitoramento, na Tabela 3 estão apresentados apenas os valores das concentrações médias. Como houve efeito dos tratamentos na concentração de cobre nas folhas do cafeeiro coletadas em dezembro, na Tabela 4 está apresentado o resultado do teste de médias.

De acordo com a Tabela 3, as concentrações foliares de nitrogênio, fósforo e manganês obtidas nas folhas do cafeeiro coletadas no mês de dezembro estiveram acima das consideradas adequadas pela CFSEMG (1999), que são, respectivamente, para a região de Viçosa, nas faixas de 2,64 a 3,08; 0,22 a 0,26 dag kg⁻¹ e 94 a 313 mg kg⁻¹. Lo Monaco et al. (2007) ao aplicarem a mesma dose L1 de ARC na cultura do cafeeiro, obtiveram concentração de 4,56 dag kg⁻¹ de nitrogênio nas folhas do cafeeiro, valor muito superior ao obtido neste trabalho. No caso do fósforo e do manganês, os autores encontraram concentrações de 0,25 dag kg⁻¹ e 240 mg kg⁻¹, respectivamente, consideradas, portanto, adequadas para o cafeeiro.

O fato das concentrações de nitrogênio, fósforo e manganês estarem acima das consideradas adequadas para a cultura do cafeeiro, pode estar associado à dose de ARC utilizada neste trabalho, já que a mesma correspondeu à disponibilização de duas vezes a necessidade de potássio da cultura do cafeeiro. Juntamente com o potássio, esses elementos também estavam em concentrações elevadas na ARC, possibilitando, com isso, maior absorção pelas plantas.

As concentrações foliares de potássio, ferro e zinco mantiveram-se dentro do considerado adequado pela CFSEMG (1999), que são, respectivamente, de 2,18 a 2,84 dag kg⁻¹; 62 a 68 e 6 a 12 mg kg⁻¹.

Tabela 3 – Concentrações médias de macro e micronutrientes na folha do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) nos meses de maio, junho, julho, agosto e dezembro*

Meses	Variáveis Resposta								
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn
	----- dag kg ⁻¹ -----			----- mg.kg ⁻¹ -----					
Mai	2,27±0,29	0,13±0,03	1,35±0,40	0,65±0,17	0,24±0,07	96±61	7,2±0,8	8,7±1,3	353±138
Jun	2,37±0,38	0,10±0,02	1,04±0,28	1,30±1,19	0,17±0,08	51±19	6,2±2,2	8,2±1,0	257±100
Jul	2,34±0,19	0,11±0,01	1,02±0,27	3,19±1,11	0,12±0,03	57±12	4,8±0,8	6,9±0,8	287±99
Ago	2,49±0,26	0,12±0,02	1,08±0,33	2,67±1,14	0,13±0,05	83±14	5,0±0,7	8,4±1,7	337±115
dez	3,88±0,56	0,27±0,02	2,60±0,38	0,70±0,05	0,22±0,03	64±12	11,3±2,2		340±121

* Valores de concentração não constantes nesta Tabela, por terem sido significativamente influenciados pelos tratamentos, estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Concentrações médias de cobre na folha do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) no mês de dezembro, em resposta à aplicação apenas de ARC (L1) e aplicação de ARC seguido de irrigação das plantas até dezembro (L1*)

Tratamentos	Concentração (mg kg ⁻¹)
L1	26,02 b
L1*	48,18 a
CV (%)	19,46

CV (%) = coeficiente de variação.

Médias seguidas pela mesma letra para cada mês, na coluna, não diferem entre si pelo teste F (P > 0,10).

Resultados semelhantes foram obtidos por Lo Monaco et al. (2007), que também encontraram concentrações de potássio, ferro e zinco dentro da faixa considerada adequada para cafeeiros bem nutridos.

As concentrações de cálcio e magnésio na folha estiveram abaixo do considerado adequado pela CFSEMG (1999), que são, respectivamente, de 1,21 a 1,45 e 0,34 a 0,58 dag kg⁻¹. Acredita-se que o excesso de K⁺ no solo, decorrente da aplicação de uma dose correspondente à disponibilização de duas vezes a necessidade de potássio pela cultura do cafeeiro, pode ter proporcionado competição, e, com isso, menor absorção de outros cátions. Nesse caso, mesmo tendo sido realizada a calagem no final do mês de outubro, o tempo decorrido não foi suficiente para a recuperação na concentração de Ca²⁺ e Mg²⁺ na planta. De acordo com Malavolta (1986), o excesso de potássio pode induzir à carência de magnésio e, em menor grau, de cálcio, causando desfolha na planta. Segundo Matiello (1991), para que não haja problemas nutricionais ao cafeeiro por desbalanço de nutrientes no solo, a relação Ca:Mg:K

trocáveis no solo deve estar entre 9:3:1 e 25:5:1 tendo sido obtido, neste estudo, uma relação de 2:0,7:1, indicativa de baixa proporção de cálcio e magnésio em relação ao potássio.

Lo Monaco et al. (2007) também observaram carência de cálcio e magnésio nas folhas do cafeeiros, quando submetidos à aplicação de dose igual e superior à proporcionada pela L1. Lo Monaco et al. (2009a), ao avaliarem as características químicas do solo após a fertirrigação do cafeeiro com doses crescentes de água residuária do processamento de seus frutos, observaram que a concentração de potássio trocável aumentou consideravelmente nos primeiros 20 cm de profundidade do solo, proporcionalmente às doses de ARC aplicadas, o que provocou a substituição de íons de cálcio do complexo de troca do solo, notadamente nas camadas mais superficiais, o que provavelmente também possa explicar o fato de haver carência de cálcio e magnésio nas folhas do cafeeiro. Por essa razão, ou autores ressaltaram que a dose L1 (duas vezes a concentração de potássio necessária ao cafeeiro)

pode ser aplicada, caso haja fornecimento suplementar de cálcio e magnésio ao solo, antes do início da aplicação da ARC, proporcionando, dessa forma, decréscimo na força iônica do potássio.

Comparando-se os valores considerados adequados no cafeeiro (CFSEMG, 1999) com os resultados obtidos na Tabela 4, observou-se que o tratamento em que o cafeeiro recebeu irrigação após a fertirrigação (L1*) proporcionou concentração de cobre que pode ser considerada excessiva na planta. Segundo Lopes (1998), concentrações excessivas de cobre diminuem a atividade do ferro e podem fazer com que sintomas de deficiência de ferro apareçam nas plantas, embora esse efeito não tenha sido observado neste experimento.

O fato de não ter ocorrido efeito dos tratamentos nas concentrações de macronutrientes e na maioria dos micronutrientes na folha do cafeeiro indica que a irrigação realizada após a fertirrigação do cafeeiro, nada contribuiu para a manutenção do estado nutricional do cafeeiro. Pelo contrário, proporcionou aumento na concentração de cobre na folha, em níveis acima dos recomendáveis. Com isso, pôde-se concluir que, nas condições em que este experimento foi conduzido, torna-se questionável o manejo da ARC/irrigação tal como efetuado, ou seja, promover irrigação da cultura após ter sido feita a fertirrigação com ARC, já que não trouxe benefícios à nutrição do cafeeiro, aliás até trouxe absorção excessiva de cobre pelas plantas. Acredita-se que a continuidade da irrigação após ter o solo sido submetido à fertirrigação com a ARC, possa ter proporcionado maior degradação do material orgânico já presente e incorporado com a ARC no solo. Sabe-se que o cobre forma complexos e quelatos com o material orgânico, ficando dessa forma não disponível às plantas, assim, com a degradação do material orgânico, pode ter sido disponibilizado para as plantas, razão de a sua concentração ter aumentado na folha do cafeeiro.

4 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, pôde-se concluir que:

- a fertirrigação do cafeeiro com ARC e adubação mineral complementar, seguida ou não de irrigação nos meses de agosto a dezembro, proporcionou adequada nutrição do cafeeiro no que

se refere ao potássio, ferro e zinco; teores foliares de nitrogênio, fósforo e manganês acima do considerado adequado e teores de cálcio e magnésio abaixo do considerado adequado;

- a continuidade na irrigação, após ter sido submetido à fertirrigação com a ARC, não alterou a concentração de macro e micronutrientes, à exceção do cobre, nas folhas do cafeeiro;

- no ano avaliado, a irrigação não trouxe benefícios à nutrição do cafeeiro, em razão do tratamento que só recebeu fertirrigação não ter proporcionado período maior de déficit hídrico à cultura.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington, 2005. 1600 p.

CARVALHO, J. A. et al. Desempenho de bomba centrífuga operando com água residuária do processamento do café. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 86-94, jan./fev. 2008.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivo e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG, 1999. 359 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370 p.

GONÇALVES, R. A. B. et al. Diagnóstico da aplicação de águas residuárias da suinocultura na cafeicultura irrigada II: avaliação da uniformidade de aplicação de água. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 3, p. 402-414, jul./set. 2006.

GUERRA, A. F. et al. Manejo da irrigação do cafeeiro, com uso do estresse hídrico controlado, para uniformização de florada. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA DA CAFEICULTURA IRRIGADA, 8., 2006, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2006. p. 65-69.

LO MONACO, P. et al. Avaliação do estado nutricional do cafeeiro após a fertirrigação com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 15, n. 4, p. 392-399, 2007.

Coffee Science, Lavras, v. 6, n. 1, p. 75-82, jan./abr. 2011

_____. Características químicas do solo após a fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 3, p. 348-364, jul./set. 2009a.

_____. Desempenho de filtros constituídos por fibras de coco no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 17, n. 6, p. 473-480, nov./dez. 2009b.

_____. Influência da granulometria da serragem de madeira como material filtrante no tratamento de águas residuárias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 116-119, 2004.

LOPES, S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1998. 177 p.

MAGALHÃES, M. A. et al. Influência da compressão no desempenho de filtros orgânicos para tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 13, n. 1, p. 26-32, jan./mar. 2005.

_____. Operação de filtros orgânicos utilizados no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 472-478, 2006.

MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A. B. et al. (Ed.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafós, 1986. p. 165-274.

MATIELLO, J. B. **O café: do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991. 320 p. (Coleção do Agricultor. Grãos).

MATOS, A. T. et al. Tratamento da água para reuso no descascamento/despolpa dos frutos do cafeeiro. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 15, n. 2, p. 173-178, abr./jun. 2007.

MEDEIROS, S. S. et al. Comportamento dos atributos químicos do solo em resposta à aplicação de água residuária de origem doméstica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 268-273, 2005a. Suplemento.

_____. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo das alterações químicas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 603-612, 2005b.

_____. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo do estado nutricional do cafeeiro. **Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 109-115, 2008.

REZENDE, F. C.; FARIA, M. A.; MIRANDA, W. L. Efeitos do potencial de água da folha na indução da floração e produção do cafeeiro (*coffea arabica*, l.). **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 2, p. 126-135, jul./dez. 2009.

SOARES, A. R. et al. Irrigação e fisiologia da floração em cafeeiros adultos na região da zona da mata de Minas Gerais. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 117-125, jan./mar. 2005.

SOUZA, J. A. A. et al. Efeitos da fertirrigação com água residuária de origem urbana sobre a produtividade do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 128-132, 2005a. Suplemento.

_____. Nutrição do cafeeiro sob fertirrigação com água residuária de origem urbana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 150-154, 2005b. Suplemento.

_____. Pegamento de chumbinhos do cafeeiro sob fertirrigação com água residuária de origem urbana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 160-163, 2005c. Suplemento.