



Efeitos da fertirrigação com água residuária de origem urbana sobre a produtividade do cafeeiro

José A. A. de Souza¹; Márcio M. Ramos¹; Antônio A. Soares¹; Júlio C. L. Neves²;
Salomão de S. Medeiros³ & José A. de Souza⁴

¹ DEAg/UFV, CEP 36571-000, Viçosa, MG. E-mail: albertojanauba@gmail.com; mmramos@ufv.br; aasoares@ufv.br

² DPS/UFV, CEP 36571-000, Viçosa, MG. E-mail: julion2003@gmail.com

³ DEAg/UFCG, CEP 58 109-085, Campina Grande, PB. E-mail: salommao@gmail.com

⁴ Agronomia/UFV, CEP 36571-000, Viçosa, MG. E-mail: adinansouza@yahoo.com.br

Protocolo 80

Resumo: O principal objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos sobre a produtividade do café arábica (*Coffea arabica*), da fertirrigação via irrigação por gotejamento, trabalhando com água residuária de origem urbana não tratada (AR); comparado com a irrigação com água doce (AD) mais adubação; o experimento foi conduzido na Unidade Piloto de Tratamento de Água Residuária e Agricultura Irrigada, no campus da UFV, durante 18 meses. Cinco foram os tratamentos fertirrigados (MR's) com cinco lâminas de AR (406, 515, 798, 924 e 1071 mm); um irrigado com AD mais adubação (MC); além da testemunha, sem irrigação e sem adubação (T_0). Avaliaram-se as produtividades dos anos I e II e a média bianual; concluiu-se, através dos resultados, que: não houve diferença entre os MR's pelo teste de Duncan a nível de 5% de probabilidade; no ano I, a produtividade média no MR foi superior à do T_0 ; no ano II, a produtividade do MC foi superior à do MR e neste à do T_0 , e na média bianual, MR e MC não diferiram e foram superiores à T_0 .

Palavras-chave: reúso, nutrientes, cafeicultura irrigada

Effects of the fertirrigation with urban wastewater on coffee yield

Abstract: This study aimed to evaluate the effects of fertirrigation on the yield of Arabic coffee (*Coffea Arabica*), using a drip irrigation system with untreated urban wastewater (UW); confronted with irrigation with fresh water (FW) with fertilizers; The study was carried out at Experimental Unit of Wastewater Treatment and Irrigated Agriculture, of UFV, during 18 months. The fertirrigated treatments (MR's) consisted of five depths of UW (406, 515, 798, 924 e 1071 mm). FW with fertilization (MC) was used in another treatment; and a check plot, without irrigation and fertilization (T_0). The yields in 1st and 2nd years and the biannual average (BA) were evaluated, using the Duncan Test. The results showed that there was no difference among MR's; the average yield (AY) for the MR was higher than T_0 in the 1st year; the AY for MR was higher than T_0 and lower than MC, in the 2nd year; there was no difference between the AY for MR and MC which were higher than T_0 , in terms of BA.

Key words: reuse, nutrients, irrigated coffee crop

INTRODUÇÃO

A cafeicultura irrigada vem crescendo sistematicamente no Brasil. Dados da EMBRAPA (1999) mostraram que cerca de 10% da cafeicultura nacional, aproximadamente 200.000 ha, eram irrigados; este número vem crescendo, devido à constante abertura de novas fronteiras, antes consideradas marginais à cafeicultura, como o Alto Paranaíba, Triângulo Mineiro, Noroeste de Minas e Oeste da Bahia. Por outro lado, a competição pelo uso da água também se vem acirrando. Vários

estados brasileiros vêm aprovando legislação mais rigorosa para regulamentar o uso da água.

Do ponto de vista do saneamento e segundo o censo do IBGE (2000), apenas 41,6% dos municípios brasileiros dispõem de rede coletora de esgoto e, destes, somente 33,8% tratam os esgotos coletados, enquanto o restante despeja os resíduos não tratados nos corpos hídricos, poluindo-os e reduzindo ainda mais a oferta de água de boa qualidade.

Dentre as tecnologias disponíveis para o tratamento de água residuária de origem doméstica ou destino final dos efluentes

líquidos, destaca-se o método de disposição de água no solo (DAS), cuja técnica vem sendo utilizada em grande escala, principalmente em regiões áridas e semi-áridas (Medeiros, 2005). Trata-se de uma técnica que permite aliar o tratamento de esgoto, evitando a poluição de corpos hídricos e, conseqüentemente, reduzindo a poluição das águas, à economia de água de boa qualidade que, normalmente, seria usada na irrigação.

Estudos efetuados em diversos países demonstraram que a produtividade agrícola aumenta significativamente em áreas fertirrigadas com águas residuárias, desde que estas sejam adequadamente manejadas. Shende (1985) comparou o rendimento anual de algumas culturas e comprovou que os cultivos fertirrigados com águas residuárias apresentaram maior rendimento do que os cultivos irrigados com água limpa e fertilizados com adubos químicos.

Apesar das vantagens do uso da água residuária na agricultura, sua utilização de maneira inadequada pode trazer alguns riscos como: contaminação microbiológica dos produtos agrícolas e do lençol freático; acumulação de elementos tóxicos, desequilíbrio de nutrientes, salinização e impermeabilização do solo (Léon Suematsu & Cavallini, 1999).

Assim sendo, há, sem dúvida, necessidade de se investigar mais a respeito das conseqüências do uso da água residuária na agricultura sobre o sistema solo-planta-microrganismos e sobre o meio-ambiente, de forma que se possa estabelecer critérios de manejo que visem à sustentabilidade técnica e ambiental desta tecnologia; além disso, é necessário averiguar seu efeito sobre a produtividade das culturas e possibilidade de redução na aplicação de fertilizantes convencionais.

Neste sentido, o trabalho objetivou investigar o impacto da fertirrigação com água residuária de origem urbana, filtrada, sobre a produtividade do cafeeiro e, ainda, comparar os resultados com aqueles obtidos com o manejo com irrigação com água doce e adubação convencional.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Unidade Piloto de Tratamento de Água Residuária e Agricultura Irrigada, localizada na Universidade Federal de Viçosa – UFV, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola – DEA. A Unidade é constituída por uma estação elevatória e uma unidade de tratamento de água residuária de origem doméstica (abastecida pelo esgoto proveniente do condomínio Bosque Acamari). Um sistema de irrigação localizada por gotejamento, que possibilita a aplicação do efluente em uma área de 0,14 ha cultivada com cafeeiro arábica (variedade Catuai) com quatro anos de idade, cujo espaçamento é de 2,5 m entre linhas de plantio e 0,75 m entre plantas.

A classificação do solo da área experimental, segundo Vieira (2003), é um Cambissolo Háptico Tb distrófico latossólico.

Na realização do experimento usou-se parte da Unidade Piloto, na qual se montou uma infra-estrutura para aplicação da água residuária, proveniente do esgoto urbano. A infra-estrutura é composta de uma linha de derivação que capta a água residuária da adutora e a conduz a um filtro de areia; após a filtração, a água residuária é armazenada em um tanque com

capacidade de 2.500 L, o qual possui um sistema de motobomba acoplado, possibilitando a sua aplicação por meio de um sistema de irrigação por gotejamento, após passar por um filtro de disco.

Ao final do experimento e após a colheita, secagem e beneficiamento dos grãos, os mesmos foram pesados para determinação da produtividade em cada parcela.

O delineamento experimental foi montado em blocos casualizados, com sete tratamentos e três repetições, totalizando 21 unidades experimentais de 15 m², com oito plantas em cada uma. Os manejos adotados, foram: testemunha (T₀), sem irrigação e adubação apenas no início do experimento; convencional (MC), com irrigação com água doce e adubação segundo a 5ª aproximação; e manejo com água residuária (MR), com aplicação de cinco diferentes lâminas.

No início do experimento (dezembro de 2003), o MC recebe calagem e adubação convencional. Estas foram feitas com base na análise química do solo, seguindo a Recomendação para Uso de Corretivos e Fertilizantes do estado de Minas Gerais – 5ª aproximação (Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, 1999), com base em uma produtividade de 30 a 40 sc ha⁻¹. A calagem foi realizada com base no método da neutralização do Al³⁺ e da elevação dos teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ aplicando-se, de uma só vez, 1.000 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de calcário PRNT 65% em linha contínua, abaixo da saia do cafeeiro, enquanto que a adubação aplicaram-se 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, e 300 kg ha⁻¹ de N e de K₂O.

Em dezembro de 2004, considerando-se uma produtividade estimada acima de

50 sc ha⁻¹, foram também aplicados 63 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 500 kg ha⁻¹ de N e 400 kg ha⁻¹ de K₂O, em duas parcelas, com intervalo de trinta dias. A fonte de P₂O₅ utilizada foi o superfosfato simples, a de N utilizada foi o sulfato de amônia e a de K, o cloreto de potássio.

Para estimativa da evapotranspiração do cafeeiro, instalou-se uma estação climatológica na área experimental, para monitoramento das condições climáticas.

A estimativa da evapotranspiração de referência (ET₀) foi realizada utilizando-se os dados climáticos coletados na área na equação-padrão de Penman-Monteith (Allen et al., 1998). O K_c (coeficiente de cultura) adotado foi de 0,8. O coeficiente de estresse hídrico (K_s) foi estimado pelo modelo de Bernardo et al. (2005). O coeficiente de localização (K_l) foi estimado segundo o modelo proposto por Keller & Bliesner (1990). A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi estimada utilizando-se a Equação 1:

$$ET_c = ET_0 K_c K_s K_l \quad (1)$$

A irrigação foi realizada no MC com base na evapotranspiração do cafeeiro, sendo que, no final do experimento, após 540 dias, a lâmina acumulada foi de 341 mm.

No MR, o critério adotado na definição das lâminas de água residuária de origem doméstica seguiu o manejo adotado antes no experimento de Medeiros (2005). Foram aplicadas 5 diferentes lâminas (Tratamentos T₂, T₃, T₄, T₅ e T₆). As irrigações foram feitas diariamente. As lâminas de água residuária aplicadas acumuladas totalizaram, ao final do experimento, após 540 dias: 406, 515, 798, 924 e 1071 mm, para os T₂, T₃, T₄, T₅ e T₆, respectivamente.

Monitorou-se, a cada três meses, a uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação, mediante medições de vazão pelo método direto, durante três minutos, em 50% dos emissores de cada linha. Com os dados de vazão determinou-se o coeficiente de uniformidade de distribuição – CUD do sistema de irrigação.

Semanalmente, realizavam-se práticas preventivas para reduzir o risco de entupimento do sistema de aplicação (gotejadores) os quais consistiam na aberturas dos finais das linhas para remoção dos sólidos que se acumulavam e na retrolavagem do filtro de areia. O filtro de disco foi lavado diariamente.

Para as análises estatísticas, utilizou-se o software SAEG 5.0 (Funarbe, 1993).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a condução do experimento ocorreram dois períodos chuvosos (novembro de 2003 a maio de 2004 e novembro de 2004 a abril de 2005), com precipitação acumulada igual a 2.284 mm. Este regime hídrico intenso fez com que, mesmo no tratamento não irrigado, não ocorresse déficit hídrico acentuado. Na Figura 1 são apresentadas às lâminas de água

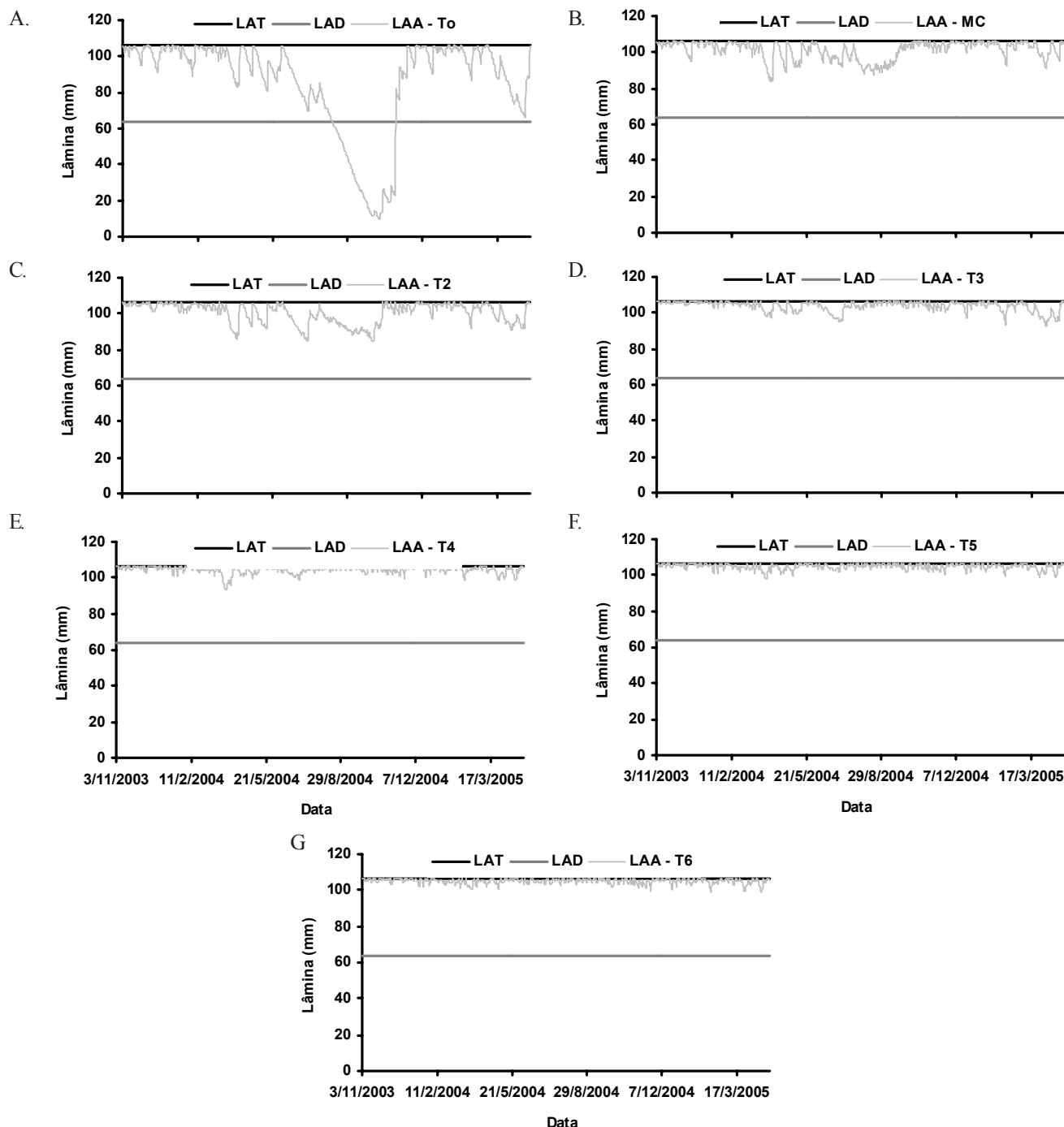


Figura 1. Lâmina de água total no solo (LAT), lâmina mínima de água disponível (LAD) e lâmina de água armazenada (LAA) em mm, nos tratamentos T₀, MC, T₂, T₃, T₄, T₅ e T₆.

armazenada no solo, em mm, considerando-se a profundidade efetiva do sistema radicular igual a 0,60 m.

A lâmina de água total no solo (LAT) foi igual a 106,7 mm e a lâmina mínima de água mínima disponível (LAD), considerando-se um fator de depleção igual a 40%, foi de 64,0 mm. Na Figura 1a pode-se observar que apenas no tratamento T_0 , a umidade do solo atingiu valores inferiores a LAD e por apenas 3 dos 18 meses avaliados. Embora o período de déficit hídrico em T_0 tenha sido curto, ele ocorreu durante a floração do cafeeiro e pegamento dos chumbinhos, afetando a produtividade; nos demais tratamentos, a umidade do solo esteve sempre acima de 80% de LAT, sendo que, nos tratamentos T4, T5 e T6, ela esteve sempre próximo da capacidade de campo.

Apresenta-se, na Tabela 1, o aporte de nutrientes nos tratamentos do MR pela água residuária, acumulado durante os 18 meses de aplicação. As quantidades aplicadas de N, P, K, Ca e Mg no MR foram inferiores às quantidades desses elementos aplicados no MC pela adubação convencional e calagem. Em relação a T_0 , as quantidades de N, P e K no MR foram superiores, enquanto as de Ca e Mg foram inferiores.

Na tabela 2 são mostradas as produtividades do cafeeiro em cada tratamento, nas safras 2003/2004 e 2004/2005, além da média bianual.

Inicialmente, fez-se a análise de variância dos resultados; em seguida, a de regressão, em função das lâminas de irrigação com água residuária, para verificar o efeito isolado, na produtividade das cinco lâminas aplicadas. Verificou-se que não houve diferença significativa pelo teste F, a 5% de probabilidade, entre os tratamentos com água residuária, o que pode ser explicado pelo fato da menor lâmina (T2) ter sido capaz de manter o solo sempre próximo à capacidade de campo. Vê-se, também, que no tratamento T2 se aplicou uma lâmina de água maior que a aplicada no MC, a qual foi estimada para atender a toda necessidade diária de água da cultura, ou seja, toda a água excedente aplicada nos tratamentos do MR foi lixiviada para fora da zona radicular; desta forma, a quantidade de água que permaneceu na zona radicular foi aproximadamente a mesma nos cinco tratamentos do MR; e conseqüentemente, a quantidade de nutrientes também foi aproximada à mesma. Este resultado condiz com os resultados obtidos por Medeiros (2005). O autor avaliou os efeitos de cinco lâminas de irrigação com água residuária, aplicadas nas mesmas condições, em 31 atributos químicos do solo e no estado nutricional do cafeeiro, e verificou que não houve efeito significativo no teor de nutrientes do solo, em 79% dos casos, nem no estado nutricional do cafeeiro, em 88% dos casos.

Tabela 1. Aporte de nutrientes pela água residuária nos tratamentos T2, T3, T4, T5 e T6.

Tratamentos	Lâmina mm	Nutrientes					
		P	K	N	Na	Ca	Mg
		(kg ha ⁻¹)					
T ₂	406	34,7	156,6	140,1	159,7	56,6	15,1
T ₃	515	44,9	200,1	181,5	195,1	73,0	19,4
T ₄	798	68,4	308,4	275,7	312,3	110,9	29,7
T ₅	924	79,9	357,2	323,0	358,0	128,9	34,4
T ₆	1071	92,5	416,7	375,3	406,8	152,2	40,6

Tabela 2. Produtividade do cafeeiro nas safras 2003/2004, 2004/2005 e média bianual, nos tratamentos MC, T_0 , T2, T3, T4, T5 e T6

Tratamento	Produtividade		
	2003/2004	2004/2005	Média Bianual
	(sc ha ⁻¹)		
MC	13,74	122,42	68,08
T ₂	16,98	98,96	57,97
T ₃	15,05	86,16	50,60
T ₄	19,05	81,10	50,08
T ₅	24,37	84,07	54,22
T ₆	22,03	96,49	59,26
T_0	8,23	19,23	13,73

Ante esses resultados, deu-se preferência à análise conjunta dos resultados do MR, ou seja, médias de produtividade no MR, independentemente da lâmina de água residuária aplicada, para comparar os manejos adotados (MR, MC e T_0). Inicialmente, realizou-se uma análise de variância e, para se verificar a resposta ao tipo de manejo adotado, aplicou-se o teste de Duncan, a 5% de probabilidade. Compararam-se as produtividades da safra 2003/2004, 2004/2005 e a produtividade média bianual.

Na Tabela 3 são mostrados os resultados dos testes de média aplicados sobre as médias das produtividades do cafeeiro, nas safras 2003/2004 e 2004/2005, além da média bianual.

Não se constatou diferença significativa entre os manejos adotados na produtividade da safra 2003/2004. Como o experimento se iniciou em novembro de 2003, já havia acontecido a floração e formação de chumbinhos do cafeeiro; então, os manejos adotados só interferiram no pegamento de chumbinhos e enchimento de grãos. Como T_0 recebeu a mesma adubação do MC no primeiro ano e não sofreu estresse hídrico até julho de 2004 (após a colheita), devido ao bom regime de

Tabela 3. Teste de média sobre a produtividade do cafeeiro nas safras 2003/2004, 2004/2005 e média bianual, nos tratamentos MC, MR e T_0 .

Tipo de Manejo	Produtividade		
	2003/2004	2004/2005	Média Bianual
	(sc ha ⁻¹)		
MC	13,74 a	122,42 a	68,08 a
MR	19,49 a	89,36 b	54,43 a
T_0	8,23 a	19,23 c	13,73 b

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estaticamente, pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

chuvas, era de se esperar que não houvesse diferença de produtividade.

Na produtividade da safra 2004/2005, o MC foi superior ao MR e este, por sua vez, foi superior a T_0 . Esta safra foi totalmente influenciada pelo tipo de manejo adotado, pois toda a sua formação aconteceu dentro do período avaliado. Entre os vários fatores que podem ter influenciado a superioridade do MC, o aporte bastante superior de N e K em relação ao MR foi decisivo. Em fevereiro de 2005, época de enchimento de grãos, as plantas do MR apresentavam carga bastante expressiva, quando começaram, então, a apresentar sintomas de deficiência de K, devido à intensa translocação deste elemento das folhas para os frutos do cafeeiro, onde ele é essencial no enchimento do grão. Nesta mesma época, as plantas do MR sofreram intenso ataque de cercosporiose (*Cercospora coffeicola*). Segundo Zambolim et al. (1999) é comum o ataque intenso dessa doença em plantas com desequilíbrio nutricional. Mesmo com as parcelas misturadas e próximas, não houve ataque nas plantas do MC e T_0 . Neste, devido à baixa carga e, no MC, à adubação feita em dezembro de 2004 e janeiro de 2005. No MR, além do aporte menor de N e K, este aporte foi feito diariamente com as irrigações. Em razão do período chuvoso, justamente na época de enchimento de grãos, quase não ocorreu fertirrigação; além do mais, o grande aporte de Na pela água residuária pode ter contribuído para diminuição da absorção de K pelas plantas.

O MR, embora se tenha mostrado eficiente como tratamento de esgoto, uma vez que deu destino final ao esgoto sem prejuízo ao meio-ambiente e, ainda, economizou água de boa qualidade, que seria usada para irrigação, não foi capaz de suprir todas as necessidades de nutrientes do cafeeiro, razão por que, não atingiu todo seu potencial produtivo; então, o mesmo é uma alternativa viável para a cafeicultura irrigada, porém há necessidade de adubação complementar para maximizar a produtividade; esta adubação deverá ser feita com monitoração do estado nutricional do cafeeiro e do solo, de modo a aproveitar o aporte de parte dos nutrientes pela água residuária a fim de economizar parte dos fertilizantes.

Na média bianual, não houve diferença significativa entre o MC e o MR, e estes foram superiores a T_0 . Como a produtividade na segunda safra foi muito superior à da primeira, a média acabou diluindo o efeito da superioridade do MC na segunda safra.

CONCLUSÕES

1. A fertirrigação com água residuária de origem urbana não supriu todas as necessidades de nutrientes do cafeeiro;
2. Na safra 2004/2005, a produtividade do cafeeiro no MC foi superior à do MR e, neste, foi superior à do T_0 ;

3. Não houve diferenças entre tratamentos na safra 2003/2004 e, na média bianual, o MC e o MR tiveram produtividade superior à do T_0 .

LITERATURA CITADA

- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. In: FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome: FAO – Food and Agriculture Organization of United Nations, 1998. 308 p.
- Bernardo, S.; Soares, A.A.; Mantovani, E.C. Manual de irrigação. 7. ed. Viçosa: UFV, 2005. 611p.
- Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Recomendações para o uso de corretivo e fertilizantes em Minas Gerais - 5a. aproximação. Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G.; Alvares V.V.H. (eds). Viçosa: UFV, 1999. 359p.
- EMBRAPA–Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Relatório de estimativa da safra cafeeira no Brasil safra 1999/2000. Brasília: Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – EMBRAPA, 1999. 6p.
- FUNARBE. SAEG – Sistema para análises estatísticas – versão 5.0. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 1993. 80p.
- IBGE–Intituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Atlas de saneamento. <http://www.ibge.gov.br>. 2000. Acesso em 05 de agosto de 2005.
- Keller, J.; Bliesner, R.D. Sprinkler and trickle irrigation. New York: Avibook, 1990. 649p.
- Léon S.G.; Cavallini, J. M. Tratamento e uso de águas residuárias. Campina Grande: UFPB, 1999. 109p.
- Medeiros, S.S. Alterações física e químicas do solo e estado nutricional do cafeeiro em resposta à fertirrigação com água residuária de origem doméstica. Viçosa: UFV, 2005. 114p. Tese Doutorado.
- Shende, G. B. Status of wastewater treatment and agricultural reuse with special reference to Indian experience and research and development needs. In: FAO Regional Seminar on the Treatment and Use of Sewage Irrigation. Rome: FAO, 1985, p. 157-182.
- Vieira, E.O. Índices de lixiviação e modelagem do transporte de pesticidas no solo. Viçosa: UFV, 2003. 184p. Tese Doutorado
- Zambolim, L.; Vale, F.X.R. do; Pereira, A.A.; Chaves, G.M. Manejo integrado das doenças do cafeeiro. In: Zambolim, L.; Laércio Zambolim. (ed). Encontro Sobre Produção de Café Com Qualidade, 1, 1999, Viçosa: UFV, 1999. cap.7, p.134-215.