

ANÁLISE DO DESEMPENHO DA IRRIGAÇÃO POR MICROSPRAY NA CULTURA DO CAFÉ CONILON

Camila Aparecida da Silva Martins¹, Edvaldo Fialho dos Reis², Natiélia Oliveira Nogueira¹

¹Doutoranda em Produção Vegetal do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA/UFES), Alegre-ES, Brasil (camila.cca@hotmail.com)

²Prof. Dr. Associado II da Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Engenharia Rural, CCA/UFES, Alegre-ES, Brasil

Data de recebimento: 02/05/2011 - Data de aprovação: 31/05/2011

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de um sistema de irrigação por microspray na cultura do café Conilon (*Coffea canephora*) em São José do Calçado, no Estado do Espírito Santo, Brasil, por meio da determinação dos coeficientes de uniformidade e da eficiência de aplicação de água. Na área de estudo, foram selecionadas quatro linhas laterais e, em cada uma destas, oito emissores (o primeiro emissor, o situado a 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7 e 6/7 do comprimento da linha lateral e o último emissor), para medir a vazão de cada emissor, para a determinação dos coeficientes de uniformidade mais usuais em sistemas de irrigação localizada (CUC e CUE) e da eficiência de aplicação de água. Pelos resultados obtidos, conclui-se que o coeficiente de uniformidade de emissão do sistema avaliado (96,67%) é superior ao valor recomendado para sistemas de irrigação localizada e que a eficiência de aplicação de água é de 79,78%, sendo inferior ao valor preconizado pela literatura como o mínimo aceitável para sistemas de irrigação localizada.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea canephora*, irrigação localizada, eficiência de aplicação de água.

PERFORMANCE ANALYSIS OF IRRIGATION MICRO-SPRAY IN THE CULTURE OF THE CONILON COFFEE

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the performance of an irrigation system for micro-spray in the culture of the Conilon coffee (*Coffea canephora*) at São José do Calçado in the State Espírito Santo, Brasil, through the determination of the uniformity coefficients and of the efficiency of application of water. In the study area, four lateral lines were selected and, in each one of these, eight emitters (the first emitter, the located to 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7 and 6/7 of the length of the lateral line and the last emitter), to measure the flow of each emitter, for the determination of the more usual coefficients of uniformity in located irrigations systems (CUC and CUE) and the efficiency of water application. For the obtained results, it is ended that the coefficient of uniformity of emission of the appraised system (96.67%) is superior to the value recommended for overhead irrigations located and that the efficiency of

water application is of 79.78%, being inferior to the value commended by the literature as the acceptable minimum for located irrigations systems.

KEYWORDS: *Coffea canephora*, located irrigation, efficiency of water application.

INTRODUÇÃO

A cultura do café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) exerce uma função de suma importância para o desenvolvimento social e econômico do país, além de propiciar aumento de divisas e desenvolvimento regional acentuado. O Brasil é o segundo maior produtor e o terceiro maior exportador mundial desse produto agrícola (FERRÃO et al., 2007).

O Estado do Espírito Santo responde por 65,26% da produção nacional, equivalente a 7,355 milhões de sacas de café Conilon (CONAB, 2010), devido à adoção de novas tecnologias, tais como as variedades clonais, o uso da irrigação, a poda, o adensamento e os avanços em nutrição mineral (RUGANI & SILVEIRA, 2006).

A utilização da irrigação no cafeeiro é uma tecnologia que vem se mostrando viável ao longo dos anos, principalmente nas regiões onde a distribuição irregular das chuvas tem provocado déficit moderado a severo no período que coincide do abotoamento floral à granação. Para MANTOVANI & SOARES (2003) o cafeeiro necessita de água disponível no solo em sua fase vegetativa, para promover o crescimento de ramos plageotrópicos, e em sua fase reprodutiva (floração, expansão e granação dos frutos) para se desenvolver e produzir satisfatoriamente.

Entre os sistemas de irrigação pressurizados utilizados na cultura do café, se destaca a irrigação localizada, pelo fato de propiciar maior eficiência da irrigação, pois a água é aplicada por meio de emissores (gotejadores, microaspersores e microsprays), na superfície do solo próximo à região radicular com pequena intensidade e alta frequência. Além disso, apresenta um menor consumo de energia elétrica, necessita de menos mão-de-obra para o manejo do sistema e apresenta valores de eficiência de aplicação da ordem de 85 a 95% (MANTOVANI et al., 2007).

Os recursos hídricos têm se tornado cada vez mais limitante em algumas regiões, não somente em relação à quantidade de água, mas também na redução de sua qualidade, devido à exploração não sustentável pela humanidade. Por isso, na agricultura irrigada torna-se imprescindível a utilização de práticas que possibilitem o uso adequado dos recursos hídricos disponíveis, tais como a avaliação do desempenho de sistemas de irrigação, para avaliar e adequar o equipamento e a sua utilização, em relação à demanda hídrica da cultura irrigada.

No entanto, a avaliação de sistemas de irrigação é uma prática que os irrigantes não têm dado importância, porque mesmo tendo acesso à tecnologia, muitos não a utilizam de forma adequada, por falta de conhecimento e de orientação técnica (SILVA & SILVA, 2005).

Portanto, este trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho de um sistema de irrigação por microspray na cultura do café Conilon quanto à uniformidade e eficiência de aplicação de água do sistema em campo, visando subsidiar a pesquisa em diferentes agroecossistemas que utilizam o sistema de irrigação localizada.

METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido no mês de maio de 2008 em uma propriedade produtora de café Conilon, localizada no Município de São José do Calçado, situado na região Sul do Estado do Espírito Santo, cujas coordenadas geográficas são 21° 00" S de latitude, 41° 29" W de longitude e uma altitude de 298,5 m. De acordo com a classificação de Köppen, o clima é do tipo Cwa, apresentando chuvas no verão e seca no inverno, com precipitação média anual de 1.300 mm e temperatura média anual de 25°C. O relevo predominante na área irrigada é suavemente ondulado com declividade de 3%.

O experimento foi realizado em uma área de 1,35 ha cultivado com a cultura do café Conilon, com espaçamento de 3,00 m x 1,50 m, onde cada fileira de planta possui uma linha lateral de polietileno com 36 m de comprimento e 16 mm de diâmetro, contendo 01 emissor por planta com vazão nominal de 20 L h⁻¹, no espaçamento de 1,50 m entre emissores. O projeto em estudo tem 04 unidades operacionais ou setores, dos quais cada unidade tem 30 linhas laterais distribuídas nas linhas de derivação de PVC com 45 m de comprimento e 50 mm de diâmetro, que estão acopladas ao longo da linha principal de PVC com 112,5 m de comprimento e 75 mm de diâmetro.

Na Figura 1, encontra-se o esquema da seleção dos pontos de coleta no sistema de irrigação na cultura do café Conilon que possui 30 linhas laterais com 22 emissores em cada setor.

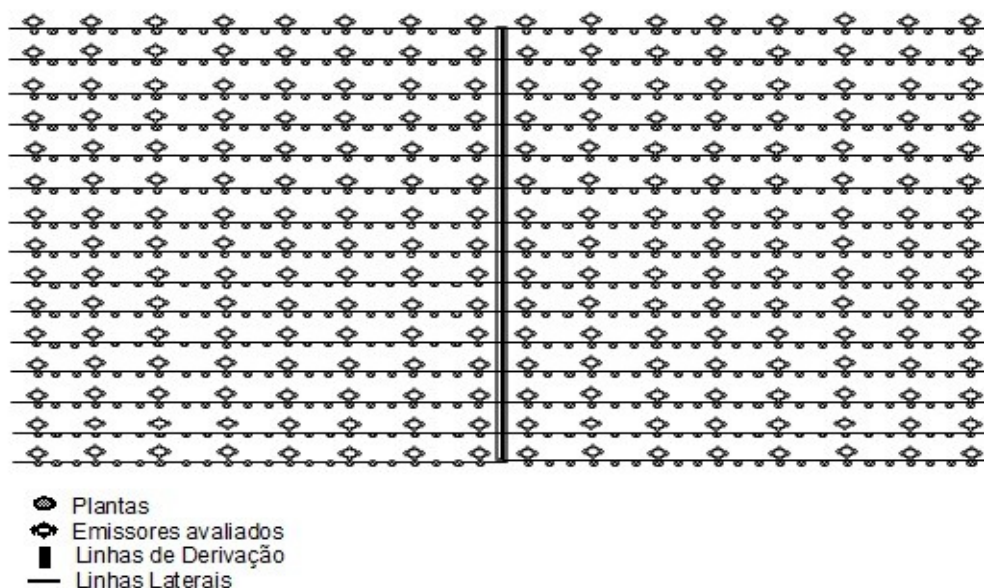


Figura 1. Layout do esquema da seleção dos pontos de coleta no sistema de irrigação na cultura do café Conilon.

Na área irrigada, foram retiradas amostras de solo para a determinação das características físico-hídricas do solo onde está instalado o projeto de irrigação localizada avaliado. Posteriormente, realizou-se o teste de uniformidade de aplicação de água, para a determinação dos coeficientes de uniformidade mais usuais: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e Coeficiente de Uniformidade de Emissão (CUE) e da eficiência de aplicação de água.

As coletas de amostras de solos para avaliação do manejo da irrigação foram realizadas em três linhas laterais, seguindo a seguinte disposição: primeira linha lateral; linha lateral situada no meio; e a última linha lateral da linha de derivação.

Em cada uma dessas linhas laterais, foram retiradas amostras de solos próximo a três plantas, sendo a primeira planta da linha lateral, uma planta situada no meio e a última planta da linha lateral. Os pontos de coleta de solo foram tomados a cerca de 15 cm do emissor, sendo as amostras retiradas, imediatamente, antes da irrigação, na profundidade de 0,00 - 0,40 m e levadas em recipientes vedados para o laboratório, para determinação da umidade atual do solo pelo método-padrão de estufa, conforme preconizado pela EMBRAPA (1997).

Simultaneamente à determinação da umidade do solo, foram coletadas duas subamostras em cada um dos locais amostrados, que em seguida foram misturadas, a fim de formar uma amostra composta para a determinação da densidade do solo pelo método da proveta; da umidade do solo na capacidade de campo a tensão de 0,01 MPa, com o auxílio do extrator de Richards, de acordo com a EMBRAPA (1997).

Após a amostragem de solo, mediu-se a vazão real dos emissores de acordo com a metodologia de KELLER & KARMELI (1975), com modificação proposta por DENÍCULI et al. (1980) e apresentada por MANTOVANI et al. (2009), para avaliar a uniformidade de aplicação de água do projeto de irrigação localizada. Essa metodologia consiste na coleta de dados (vazões) de oito emissores em quatro linhas laterais, ou seja, a primeira lateral, a linha lateral situada a 1/3 da origem, a situada a 2/3 e a última linha lateral de cada unidade operacional do projeto de irrigação em estudo. Em cada uma das linhas laterais, foram selecionados oito emissores (o primeiro emissor, o situado a 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7, 6/7 do comprimento da linha lateral e o último emissor).

Com auxílio de um cronômetro digital, de um coletor com área total de 0,0731 m² e de uma proveta graduada de 500 mL, mediu-se a vazão real dos emissores e com um manômetro mediu-se a pressão de serviço. As medições das vazões dos emissores foram realizadas em oito emissores de cada linha lateral, com três repetições de coleta para obtenção da média, com o tempo de 60 segundos para cada coleta e as pressões medidas na entrada e saída das linhas laterais selecionadas durante a avaliação.

A uniformidade de aplicação de água foi estimada, utilizando-se a vazão de cada emissor avaliado, em função do CUC, determinado pela equação (1) e do CUE, determinado pela equação (2).

A interpretação dos valores dos coeficientes de uniformidade (CUC e CUE) baseou-se na metodologia apresentada por MANTOVANI (2001) que está apresentada na Tabela 1.

$$CUC = \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |Q_i - Q_m|}{N Q_m} \right\} 100 \quad (1)$$

em que:

CUC = Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, em %;

Q_i = Vazão de cada emissor, L h⁻¹;

Q_m = Vazão média dos emissores, L h⁻¹; e

N = Número de emissores.

$$CUE = \frac{Q_q}{Q_m} 100 \quad (2)$$

em que:

CUE = Coeficiente de Uniformidade de Emissão, em %;

$Q_{25\%}$ = Média de 25% dos menores valores de vazões observadas, L h⁻¹; e

Q_m = Média de todas as vazões coletadas, L h⁻¹.

Tabela 1. Classificação dos valores do desempenho de sistemas de irrigação localizada em função do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e do Coeficiente de Uniformidade de Emissão (CUE)

Classificação	CUC (%)	CUE (%)
Excelente	> 90	> 84
Bom	80 – 90	68 – 84
Razoável	70 – 80	52 – 68
Ruim	60 – 70	36 – 52
Inaceitável	< 60	< 36

Fonte: MANTOVANI (2001).

De posse dos resultados das análises físicas e hídricas do solo da área irrigada em estudo, foi calculada a lâmina de irrigação real necessária para elevar a umidade do solo à capacidade de campo, sendo esse valor comparado ao da lâmina aplicada pelos irrigantes, sem interferência no momento de irrigar.

A lâmina de irrigação real necessária a ser aplicada para elevar o teor de umidade do solo à capacidade de campo foi calculada utilizando-se a equação 3.

$$IRN \leq \frac{(C_c - U_a)}{10} \cdot D_s \cdot Z \cdot ET_0 \cdot kc \cdot 0,1 \cdot \sqrt{P} \quad (3)$$

em que:

IRN = Irrigação real necessária, em mm;

C_c = Umidade do solo na capacidade de campo, % em peso;

U_a = Umidade atual do solo, antes da irrigação, % em peso;

D_s = Densidade do solo, g cm⁻³;

Z = Profundidade efetiva do sistema radicular, em cm;

ET_0 = Evapotranspiração de referência, em mm dia⁻¹;

kc = Coeficiente da cultura; e

P = Percentagem de área molhada, em relação à área total irrigada.

A profundidade efetiva do sistema radicular da cultura irrigada para determinação da lâmina de irrigação real necessária foi definida a partir de valores citados por BERNARDO et al. (2006) e confirmados em campo por meio de observações. Foram utilizados valores de 0,20 m para o projeto em estudo, porque devido ao estágio de desenvolvimento inicial da cultura, 80% das raízes se concentram nessa profundidade.

Para estimar a evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹) pelo método padrão de referência, método de Penman-Monteith FAO 56 (ALLEN et al., 1998), utilizou-se os dados climáticos referentes ao período de avaliação do projeto de irrigação em estudo, obtidos via plataforma de coleta de dados (PCD's) do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Meteorologia (CPTEC/INPE). A ET₀ no período de avaliação do projeto de irrigação por microspray foi de 4,82 mm dia⁻¹.

O coeficiente da cultura (kc) foi determinado em função do estágio de desenvolvimento da cultura de acordo com a metodologia apresentada por BERNARDO et al. (2006). O coeficiente da cultura utilizado foi de 0,30 para o projeto em estudo.

O valor mínimo recomendado para a percentagem de área molhada (P) é definido em função principalmente do clima. Em locais de clima úmido (sujeito a maiores precipitações), esse valor deve ser maior que 20%, e em regiões áridas e semi-áridas (menores precipitações), superior a 33% (MANTOVANI et al., 2009). Foi utilizado o valor de 21% no projeto, por causa das características do emissor (vazão, espaçamento) e da cultura irrigada (espaçamento e desenvolvimento).

Após, a determinação da IRN, determinou-se a lâmina aplicada durante a irrigação por meio da expressão 4:

$$Lapl = \frac{Q_m T}{E_1 E_2} \quad (4)$$

em que:

Lapl = Lâmina aplicada durante a irrigação, mm;

Q_m = Vazão média do emissor, L h⁻¹;

T = Tempo de irrigação, h;

E₁ = Espaçamento entre emissores, m; e

E₂ = Espaçamento entre linhas laterais, m.

Além da Lapl, determinou-se: a lâmina armazenada na zona radicular (mm), que se refere à parcela da lâmina aplicada que fica retida na zona radicular; a lâmina deficitária média (mm) que é a média da diferença entre lâmina armazenada na zona radicular; e a IRN. Posteriormente, estimou-se a lâmina percolada média (mm), ou seja, a média do excesso da lâmina aplicada em relação à IRN.

Após a determinação dos coeficientes de uniformidade e das lâminas, realizou-se a avaliação do desempenho dos sistemas de irrigação localizada por meio da determinação dos parâmetros técnicos: percentagem de área adequadamente irrigada (Pad), coeficiente de déficit (Cd), perdas por percolação (Pper), eficiência de condução (Ec), eficiência de distribuição de projeto para área adequadamente irrigada (EDpad), eficiência de irrigação para área adequadamente irrigada (Eipad) e a eficiência de aplicação (Ea), de acordo com a metodologia apresentada por BARRETO et al. (2004); BERNARDO et al. (2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), do Coeficiente de Uniformidade de Emissão (CUE) e as respectivas classificações dos

valores dos coeficientes de uniformidade do projeto de irrigação localizada avaliado estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Emissão (CUE) e respectivas classificações dos coeficientes, do sistema de irrigação localizada avaliado

Projeto	CUC (%)	Classificação	CUE (%)	Classificação
Microspray	97,90	Excelente	96,67	Excelente

Analisando o valor de CUC para o sistema de irrigação em estudo (Tabela 2), nota-se que o projeto apresenta valor superior a 90%, o que é recomendado para culturas com alto valor comercial (BERNARDO et al., 2006). Portanto, o projeto apresenta resultado de uniformidade para o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) considerado adequado para a cultura irrigada.

Com relação ao valor de CUE, verifica-se que o projeto apresenta valor de coeficiente de uniformidade de distribuição de água superior ao valor recomendado para sistemas de irrigação localizada, que de acordo com a classificação apresentada por MANTOVANI (2001), é de 84%, o que induz menor consumo de água, de energia elétrica e maior rendimento da cultura irrigada. Resultados contrários foram obtidos por PEIXOTO et al. (2005) em sistema de irrigação por microaspersão, no Município de Neópolis, localizado no Estado de Sergipe. De acordo com LÓPEZ et al. (1992), este coeficiente é o mais utilizado na avaliação de sistemas de irrigação, pelo fato de possibilitar uma medida mais rigorosa, dando maior peso às plantas que recebem menor quantidade de água.

A produtividade agrícola em áreas irrigadas depende de vários fatores, dentre os quais, destacam-se o dimensionamento e a manutenção dos sistemas. A irrigação em excesso ou deficitária prejudica o desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, a produtividade e a rentabilidade do agricultor (SILVA & SILVA, 2005). Por isso, é fundamental avaliar os sistemas de irrigação periodicamente, a fim de melhorar a uniformidade de distribuição de água minimizando as perdas de água, de energia elétrica e de fertilizantes.

A distribuição de água de acordo com a posição dos emissores (microspray) na linha lateral em função da vazão real, vazão de projeto e vazão média estão apresentadas na Figura 2.

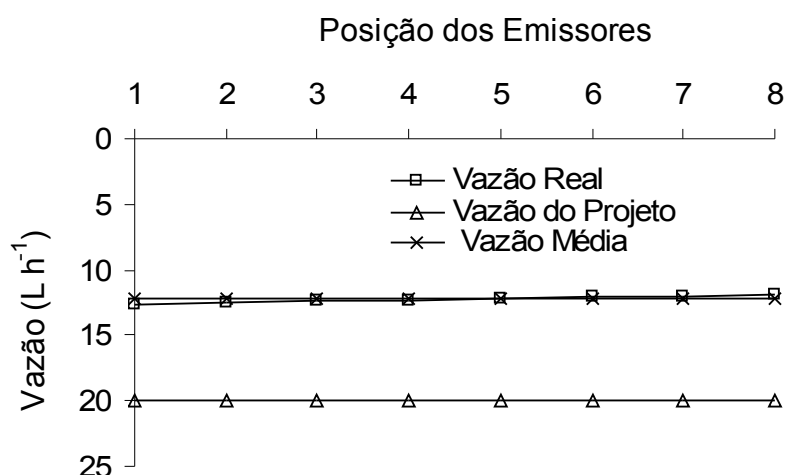


Figura 2. Distribuição de água no projeto de irrigação por microspray de acordo com a posição dos emissores (microspray) na linha lateral em função da vazão real, vazão do projeto e vazão média.

Pela Figura 2, verifica-se que o projeto em estudo, está funcionando abaixo do esperado durante a elaboração do projeto, pelo fato da vazão real e da vazão média serem inferiores à vazão do projeto, o que prejudica o crescimento e desenvolvimento da cultura, apesar de apresentar boa uniformidade de aplicação de água.

No sistema avaliado a vazão média aplicada ($12,16 \text{ L h}^{-1}$) é sempre inferior à vazão do projeto (20 L h^{-1}), como pode ser visto na Figura 2. Isto é decorrente dos emissores não serem autocompensantes, mas, principalmente, pelo fato de não existir manutenção com maior frequência nos sistemas de irrigação, que consequentemente reduz a pressão de serviço (P_s) e aumenta a variação de vazão ao longo das linhas laterais.

No período avaliado a P_s apresentou o valor de 98 KPa, o que proporcionou uma variação de vazão ao longo das linhas laterais superior ao valor máximo de 10% recomendado para sistemas de irrigação localizada. Isto indica que se o manejo da irrigação não for realizado periodicamente, futuramente, a atividade terá prejuízos econômicos, pois o rendimento da cultura será afetado devido à baixa eficiência de aplicação de água pelo sistema.

De acordo com o triângulo textural apresentado pela EMBRAPA (2006), o solo na profundidade de 0,00 - 0,40 m é classificado como solo de textura média, por possuir na composição granulométrica menos de 35% de argila e mais de 15% de areia. Por isso, o manejo da irrigação nesse solo deve ser cuidadoso, considerando a capacidade média de retenção de água.

Na Tabela 3 são apresentados os valores de capacidade de campo (C_c), umidade atual do solo (U_a) e densidade aparente do solo (D_s).

Tabela 3. Valores de Capacidade de campo (C_c), Umidade atual do solo (U_a) e Densidade aparente do solo (D_s)

Projeto	C_c	U_a	D_s
	----- % peso -----	-----	----- g cm^{-3} -----

Microspray	19,98	15,92	1,22
------------	-------	-------	------

Na Tabela 4 estão apresentados os valores de irrigação real necessária (IRN), lâmina aplicada (Lapl), lâmina armazenada na zona radicular (Larm), lâmina deficitária (Ldef) e lâmina percolada (Lper), no projeto que utiliza sistema de irrigação por microspray.

Tabela 4. Irrigação Real Necessária (IRN), Lâmina aplicada (Lapl), Excesso de água aplicada, Lâmina armazenada na zona radicular (Larm), Lâmina deficitária (Ldef) e Lâmina percolada (Lper) no projeto que utiliza sistema de irrigação por microspray

Projeto	IRN	Lapl	Excesso	Larm	Ldef	Lper
	----- mm -----	----- mm -----	----- % -----	----- mm -----	----- mm -----	----- mm -----
Microspray	6,58	8,11	23,25	6,47	0,26	0,11

Com os dados da Tabela 3, realizou-se o cálculo da IRN (Tabela 4), que no projeto em estudo apresentou o valor de 6,58 mm, em função do teor de umidade no solo devido à composição granulométrica do solo da área irrigada.

De acordo com VAN LIER (2000), a Ds influencia a IRN porque reflete o arranjo das partículas do solo, que por sua vez define as características do sistema poroso. Por isso, o aumento excessivo da Ds acarreta redução do volume total de poros, bem como a redução da permeabilidade e da infiltração de água, quebra dos agregados e aumento da resistência mecânica à penetração, o que ocasiona prejuízo à qualidade física do solo.

Pela Tabela 4, verifica-se que no sistema de irrigação por microspray em estudo, a lâmina de irrigação aplicada (Lapl) foi maior que a lâmina real necessária (IRN), isto indica que o projeto aplicava água em excesso, apresentando, portanto, baixa eficiência de aplicação, apesar de apresentar excelente uniformidade de aplicação de água. Tal fato se deve a ausência de manejo da irrigação na área irrigada, o que pode proporcionar o crescimento e desenvolvimento desuniforme da cultura irrigada e conseqüentemente gerar prejuízos econômicos ao cafeicultor.

Relacionando-se a Lapl e Larm, verifica-se que 80,02% da água aplicada pelo projeto ficam armazenadas na região radicular. Podendo-se inferir que a irrigação foi excessiva no período avaliado, devido a ausência de manejo da irrigação.

No que se refere à lâmina deficitária (Ldef), é possível afirmar que o projeto em estudo apresentou Ldef de 0,26 mm, o que corresponde a 3,21% da Lapl durante o tempo de irrigação de 3 horas. Tal fato está associado à pequena eficiência de aplicação de água que o projeto possui.

Quanto à lâmina percolada (Lper), percebe-se que o projeto apresentou o valor de 0,11 mm. O que equivale a 1,36% da lâmina aplicada pelo projeto avaliado, que é perdida por percolação, isto indica que ocorrem perdas de água por percolação profunda, conforme está apresentado nas Tabelas 4 e 5.

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados dos parâmetros técnicos referentes a porcentagem de área adequadamente irrigada (Pad), coeficiente de déficit (Cd), perdas por percolação (Pper), eficiência de condução (Ec), eficiência de distribuição de projeto (EDpad), eficiência de irrigação para área adequadamente irrigada (Eipad) e eficiência de aplicação (Ea), referentes ao desempenho atual do projeto de irrigação por microspray avaliado.

Tabela 5. Porcentagem de área adequadamente irrigada (Pad), Coeficiente de déficit (Cd), perdas por percolação (Pper), Eficiência de condução (Ec), Eficiência de distribuição de projeto para área adequadamente irrigada (EDpad), Eficiência de irrigação para a área adequadamente irrigada (Eipad) e Eficiência de aplicação (Ea) do projeto de irrigação por microspray avaliado

Projeto	Pad	Cd	Pper	Ec	EDpad	Eipad	Ea
	----- % -----	----- % -----		-- decimal --	----- % -----	----- % -----	----- % -----
Microspray	90,00	3,92	4,08	0,99	96,56	95,59	79,78

Pela Tabela 5, verifica-se que o projeto apresentou a Pad de 90%. Isto indica que 90% da área irrigada recebe uma quantidade de água igual ou superior a IRN. Podendo-se inferir que o projeto avaliado apresenta uma Pad superior ao valor preconizado pela literatura como o ideal em qualquer sistema de irrigação, que é de 90%.

Devido às perdas de água provocada pela ausência de manejo da irrigação, a lâmina aplicada não atendeu a demanda, ocasionando um coeficiente de déficit (Cd) de 3,92%.

No que se refere às perdas por percolação (Pper), nota-se que o projeto apresenta 4,08% de perdas por percolação profunda, devido a eficiência de aplicação ser inferior ao valor preconizado pela literatura como o mínimo aceitável para sistemas de irrigação localizada, que é de 85%.

Quanto à eficiência de distribuição de projeto para área adequadamente irrigada (EDpad), é possível verificar que o projeto apresenta o valor de 96,56%. Esse valor indica o percentual de eficiência de distribuição de projeto incorporando o conceito de área adequadamente irrigada (80%). Nesse caso, pode-se inferir que o projeto apresenta boa EDpad, apesar de apresentar Pper, devido a eficiência da irrigação.

A eficiência de irrigação para a área adequadamente irrigada (Eipad) é inferior a EDpad no projeto avaliado, porque a Eipad considera os efeitos devidos às perdas por desuniformidade de aplicação, perdas por percolação e as perdas na condução, representadas pelas eficiências de distribuição, aplicação e condução, respectivamente. Verifica-se que o projeto apresenta uma Eipad de 95,59%.

Quanto à eficiência de aplicação de água (Ea), verifica-se que o projeto apresenta o valor de 79,78%, o que permite inferir que no projeto avaliado, foi encontrado baixo valor de eficiência de aplicação de água (Tabela 5), ou seja, valor de Ea abaixo do valor recomendado pela literatura para sistemas de irrigação localizada, que é de 85%. Podem-se obter altos índices de Ea empregando-se um correto manejo da irrigação e equipamentos adequados, pois o entupimento dos emissores (microspray) causado por partículas minerais em suspensão reduz a eficiência do sistema de irrigação, causando danos às culturas em decorrência de um déficit hídrico no solo em alguns pontos e excesso de água em outros, pois, partículas de areia e silte podem ser conduzidas para o interior do sistema de irrigação (MANTOVANI et al., 2007).

O baixo desempenho dos sistemas de irrigação pode ser explicado pelo tempo de uso e falta de manutenção periódica dos mesmos. A melhoria do desempenho pode ser obtida por meio da adoção de práticas de manejo, como monitorar a

umidade do solo antes de efetuar a irrigação e realizar a limpeza periódica do sistema de filtragem, dos emissores e das linhas laterais.

Os resultados obtidos na avaliação do sistema indica que houve falhas na determinação de quando e quanto irrigar. O que pode aumentar as perdas de água por percolação. Essas afirmações podem ser observadas na Figura 3.

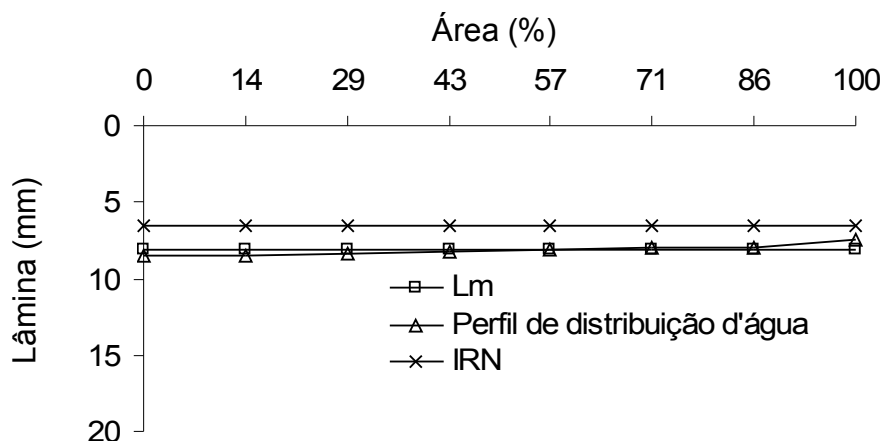


Figura 3. Percentual de área irrigada pelo projeto de irrigação por microspray avaliado em função das lâminas: coletada, aplicada e real necessária.

Na Figura 3, pode-se verificar que em 100% da área irrigada, a quantidade de água que a planta necessita é inferior à lâmina aplicada, no período avaliado. Observa-se que o projeto apresenta um excesso de água aplicada de 23,25% (Tabela 4), apesar da boa uniformidade de distribuição que esse sistema possui. Tal fato se deve a ausência de manejo da irrigação. Resultados semelhantes foram encontrados no terço inferior da Bacia do Rio Itapemirim (ES), por REIS et al. (2005), em que todos os sistemas de irrigação por gotejamento em estudo aplicavam água em excesso.

A diferença entre a lâmina requerida e aplicada é devido a ausência de manejo da irrigação. Por isso, torna-se imprescindível a adoção de práticas de manejo da irrigação em qualquer área irrigada, a fim de evitar desperdícios de água, energia elétrica, fertilizantes e de solo, devido a uma irrigação deficitária ou excessiva.

Além disso, as práticas de manejo são de suma importância para todos os sistemas de irrigação, pelo fato de proporcionar uma irrigação eficiente, que atenda às necessidades da cultura sem prejudicar o meio ambiente e sem causar prejuízos econômicos ao produtor.

CONCLUSÕES

O coeficiente de uniformidade de emissão do sistema avaliado (96,67%) é superior ao valor recomendado para sistemas de irrigação localizada. No período avaliado a irrigação foi excessiva, com perdas por percolação profunda na área de estudo. A eficiência de aplicação de água é de 79,78%, sendo inferior ao valor preconizado pela literatura como o mínimo aceitável para sistemas de irrigação localizada.

AGRADECIMENTOS

A CAPES pela concessão de bolsa de doutorado ao primeiro e terceiro autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 310p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- BARRETO, A. N.; SILVA, A. A. G. da.; BOLFE, E. L. **Irrigação e Drenagem na Empresa Agrícola: impacto ambiental versus sustentabilidade**. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros; Campina Grande: Embrapa Algodão. 2004. 418p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8 ed. Viçosa, MG: UFV. 2006. 625p.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de café: Safra 2010 quarta estimativa, dezembro/2010/Companhia Nacional de Abastecimento**. Brasília, DF: CONAB, 2010. 20p.
- DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÁBAUT, J. T. L.; SEDYAMA, G. C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo, num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 27, n. 50, p. 155-162, 1980.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1997. 212p.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos. 2006. 306p.
- FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. **Café Conilon**. Vitória, ES: INCAPER. 2007. 702p.
- KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Sprinklers Manufacturing Corp., 1975. 133p.
- LÓPEZ, J. R., ABREU, J. M. H.; REGALADO, A. P.; HERNÁNDEZ, J. F. G. **Riego Localizado**. Madrid, Espana: Mundi-Prensa, 1992. 405p.
- MANTOVANI, E. C. **AVALIA**: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada. Viçosa, MG: UFV. 2001.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 2. ed., atual. e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2007. 358p.

MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. R. **Irrigação do cafeeiro**: informações técnicas e coletânea de trabalhos. Viçosa, MG: Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais, 2003. 260p. (Engenharia na Agricultura – Boletim Técnico, 8).

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação**: princípios e métodos. 3. ed., atual. e ampl. Viçosa, MG: UFV. 2009. 355p.

PEIXOTO, J. F. S.; CHAVES, L. H. G.; GUERRA, H. O. C. Uniformidade de distribuição da fertirrigação no distrito de irrigação Platô de Neópolis. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, João Pessoa, v. 5, n. 2, 2. sem. 2005.

REIS, E. F.; BARROS, F. M.; CAMPANHARO, M.; PEZZOPANE, J. M. Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação por gotejamento. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 13, p. 74 - 81, Abr./Jun., 2005.

RUGANI, F. do L.; SILVEIRA, S. de F. R. Análise de Risco para o café em Minas Gerais. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v. 4, n. 3, p 343-364. 2006.

SILVA, C. A. da; SILVA, C. J. da. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, n. 8, dez. 2005.

VAN LIER, Q. de. JONG. Índices da disponibilidade de água às plantas. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R. (Org.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000, v. 1, p. 95-106.