

## ANÁLISE TÉCNICA DOS SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO DO CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) NA REGIÃO OESTE DA BAHIA

Marcelo Rossi Vicente<sup>2</sup>, Everardo Chartuni Mantovani<sup>3</sup>, André Luís Teixeira Fernandes<sup>4</sup>, Gustavo Haddad Souza Vieira<sup>5</sup>, Gilberto Chohaku Sedyama<sup>6</sup>, Edmilson Marques Figueredo<sup>7</sup>

(Recebido: 13 de maio de 2010; aceito 18 de maio de 2011)

**RESUMO:** No presente trabalho, objetivou-se a avaliação da uniformidade de aplicação de 27 sistemas de irrigação, sendo sete por gotejamento e 20 por pivô central, localizados em 12 propriedades de cafeicultores distribuídas em três municípios da região oeste da Bahia. Dos 20 sistemas de irrigação por pivô central avaliados, 11 foram pivôs equipados com emissores do tipo “Low Energy Precision Application” (LEPA), cinco com emissores alternativos e quatro eram pivôs centrais convencionais. Determinaram-se o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) de cada sistema. Dos pivôs centrais avaliados, apenas dois (10%) apresentaram valores de CUC abaixo de 80%, considerados inadequados. Dos sete sistemas de irrigação localizada por gotejamento avaliados, apenas um exibiu valor de CUD considerado inaceitável. O valor médio de CUD encontrado, durante as avaliações, no sistema de irrigação por pivô central equipado com emissores LEPA foi superior ao valor apresentado pelo sistema de gotejamento. Os pivôs centrais de aplicação localizada (LEPA e alternativos) apresentaram valores de uniformidade superiores aos dos pivôs centrais convencionais.

Palavras-chave: Uniformidade, emissor Lepa.

## TECHNICAL ANALYSIS OF IRRIGATION SYSTEMS FOR COFFEE (*Coffea arabica* L.) IN THE WESTERN REGION OF BAHIA

**ABSTRACT:** This study aimed to evaluate the uniformity of 27 irrigation systems with 7 as drip and 20 as central pivot, located in 12 properties distributed in three counties of western Bahia. Of the 20 central pivot irrigation systems evaluated, 11 were equipped with sprinklers such as “Low Energy Precision Application” (LEPA), five with alternative sprinklers and four conventional sprinklers. We determined the Christiansen Uniformity Coefficient (CUC) and the coefficient uniformity of distribution (CUD) of each system. Of the central pivots evaluated, only two (10%) had CUC values below 80%, which is considered unsuitable. Of the seven drip irrigation systems evaluated, only one showed an unacceptable CUD value. The average value of CUD found during the evaluations, for the central pivot irrigation system with sprinklers equipped with LEPA was higher than the value given by drip. The central pivots with localized application (LEPA and alternative) had higher values of uniformity than the conventional central pivots.

Key words: Uniformity, sprinkler, LEPA.

### 1 INTRODUÇÃO

O cultivo do cafeeiro sempre foi de grande importância no cenário socioeconômico nacional, como gerador de empregos e riquezas. Com o advento da irrigação, esse cultivo passou a ser realizado também em regiões que apresentam déficits hídricos em períodos específicos ao longo do ano, uma vez que a cultura é sensível à seca (CAI et al., 2004; MATTA et al., 2003). Nessas áreas, têm-se implantado parques cafeeiros altamente tecnificados,

obtendo-se altas produtividades com qualidade, comprometidos com a preservação ambiental.

De acordo com Arêdes, Pereira e Santos (2010), a elevação do nível de produtividade ocasionada pela irrigação promove significativo aumento da atratividade de investimento na produção do café, elevando consideravelmente os indicadores econômicos e redução do tempo de recuperação do capital investido. Além disso, o benefício econômico gerado pela elevação do nível de produtividade da lavoura devido à adoção de sistemas de irrigação é

<sup>1</sup>Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café (CNP&D Café/Embrapa Café)

<sup>2</sup>Eng. Agrônomo, D.S., Professor IFNMG, Campus Salinas – mrossivicente@gmail.com

<sup>3</sup>Eng. Agrícola, D.S, Professor Titular, DEA/UFV – everardo@ufv.br

<sup>4</sup>Eng. Agrônomo, D.S, Professor UNIUBE/FAZU Coordenador do Núcleo de Cafeicultura Irrigada CBPD Café – andre.fernandes@uniube.br

<sup>5</sup>Eng. Agrônomo, Doutorando em Engenharia Agrícola DEA/UFV, Prof. IFES Campus Santa Teresa – ghsvieira@ifes.edu.br

<sup>6</sup>Eng. Agrônomo, Ph.D, Professor Titular DEA/UFV – g.sedyama@ufv.br

<sup>7</sup>Técnico Agrícola, Fundação Bahia – edmilson@aiba.org.br

maior que os custos gerados pela utilização desses sistemas (ARÊDES et al., 2007).

Entre as novas regiões produtoras, a região oeste da Bahia destaca-se pela implantação de um parque cafeeiro arábica (*Coffea arabica* L.) totalmente irrigado (aproximadamente 14.000 ha), moderno e de alta produtividade. Com uma existência atual de 58 cafeicultores, a região é caracterizada por áreas produtivas de grande porte (aproximadamente 240 ha), quando comparada com a média nacional (ASSOCIAÇÃO DOS AGRICULTORES E IRRIGANTES DO OESTE DA BAHIA - AIBA, 2005).

Destaca-se na região o uso da irrigação por gotejamento e por pivô central de aplicação localizada. Aproximadamente 700 ha são irrigados por gotejamento e o restante (aproximadamente 13.300 ha), por pivô central (AIBA, 2005). Entretanto, não existe levantamento da área irrigada por pivô central de aplicação localizada.

Segundo Mantovani (2000), a irrigação por pivô central caracteriza-se por ser empregada em áreas com mais de 50 ha, principalmente no Triângulo e Alto Paranaíba, Estado de Minas Gerais e no oeste baiano.

No Brasil, o sistema de irrigação por pivô central tem permitido a expansão da cafeicultura irrigada em grandes áreas (MANTOVANI; VICENTE; MUDRIK, 2003). Segundo esses autores, em áreas uniformes e planas, o plantio circular tem sido uma opção que permite a utilização de pivôs que aplicam a água localizada sobre a fileira de plantas, contribuindo para maior eficiência na utilização da água e da quimigação. Os pivôs convencionais geralmente são equipados com aspersores ou difusores, que proporcionam o molhamento de toda a área circular abrangida.

No plantio circular, utiliza-se, principalmente, o pivô central equipado com emissores do tipo Low Energy Precision Application (LEPA), que foram desenvolvidos por Lyle e Bordovsky (1981), para a melhoria da eficiência de aplicação de água na irrigação, mediante redução das perdas provocadas pela evaporação e pelo arraste por ventos nos sistemas de irrigação por aspersão. Segundo Yazar, Sezen e Sesveren (2002), o primeiro propósito do LEPA é a aplicação eficiente de água nas culturas, com um uso eficiente de energia.

Vários autores afirmaram que a eficiência de aplicação de água em sistemas de pivô central, equipado com emissores LEPA, geralmente excede os 95% nos Estados Unidos (COLAIZZI et al., 2004; LYLE; BORDOVSKY, 1983; SCHNEIDER; HOWELL, 1995).

Santinato e Fernandes (2002) relataram adaptações caseiras nos difusores convencionais, transformando pivôs convencionais em pivôs que aplicam a água de forma localizada; porém, com “performances” hidráulicas bem inferiores às dos emissores LEPA.

A irrigação por gotejamento apresenta estreita relação de aplicabilidade com a cultura do café, motivo pelo qual tem ampla expansão. É o sistema que melhor se ajusta à irrigação do cafeeiro, em que normalmente é utilizado, distribuindo-se a tubulação de polietileno ao lado da linha de plantio sobre a superfície do solo (MANTOVANI; VICENTE; MUDRIK, 2003).

Devido à tendência de decréscimo de disponibilidade de água para a agricultura e ao aumento dos custos de energia (LOPEZ-MATA et al., 2010), a crescente preocupação mundial com os recursos hídricos leva à adoção de estratégias de manejo que possibilitam economia de água, sem prejuízos da produtividade. Uma boa estratégia de manejo da irrigação é fundamental para economizar água, sem, no entanto, pôr em risco o rendimento das culturas (JALOTA; SOOD; CHAHAL, 2006; PEREIRA et al., 2009), devendo-se levar em consideração diversos fatores, além das inter-relações clima-solo-água-planta.

Antes de implementar qualquer estratégia de manejo, é fundamental que se proceda a uma avaliação de desempenho do sistema de irrigação. Com base nos resultados obtidos, é possível adequar o equipamento aos requerimentos de água dos cultivos utilizados, bem como a eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação.

Um dos aspectos mais importantes a serem observados no manejo da irrigação é a uniformidade de distribuição de água pelo sistema (BARRAGAN; BRALTS; WU, 2005; SEPASKHAH; GHAMRAN, 2004; VIEIRA et al., 2004). De acordo com Chen et al. (2004), o rendimento das culturas depende da uniformidade de distribuição de água na zona radicular; mesmo sistemas com

potencial para aplicar água com alta uniformidade de distribuição podem apresentar, na prática, baixa uniformidade, que pode ser causada pelo dimensionamento incorreto, falta de manutenção do equipamento e entupimento de emissores.

Diante do exposto, no presente trabalho objetivou-se, avaliar, de acordo com os parâmetros de engenharia, a uniformidade de distribuição de água nos sistemas de irrigação utilizados na cafeicultura da região oeste da Bahia.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### Localização e caracterização dos sistemas avaliados

O trabalho foi realizado em três municípios na região oeste da Bahia, onde foram avaliados 27 sistemas de irrigação, sendo sete por gotejamento e 20 por pivô central, instalados em 12 propriedades de cafeicultores. Dos 20 sistemas de irrigação por pivô central avaliados, 11 foram pivôs de aplicação de água localizada equipados com emissores LEPA, cinco pivôs de aplicação de água localizada equipados com emissores alternativos e quatro pivôs centrais convencionais.

### Uniformidade de aplicação de água dos sistemas de irrigação por gotejamento

As avaliações de uniformidade de aplicação de água nos sistemas de irrigação por gotejamento foram realizadas segundo as metodologias propostas por Bernardo, Soares e Mantovani (2006) e Deniculi et al. (1980), calculando-se o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), respectivamente, consistindo na coleta de vazão dos emissores em oito plantas de quatro linhas laterais, totalizando 32 pontos avaliados.

De acordo com Merriam e Keller (1978), para sistemas de irrigação por gotejamento, valores de CUD superiores a 90% são considerados excelentes; entre 70 e 80% são aceitáveis e abaixo de 70%, inaceitáveis.

### Uniformidade de aplicação de água dos sistemas de irrigação por pivô central convencional

Nas avaliações de uniformidade nos sistemas de pivô central equipados com difusores (aplicação

de água em área total), em função da topografia plana e uniforme da região em estudo e visando à obtenção de uma repetição, foram utilizadas duas linhas de coletores, dispostas em paralelo e espaçadas 1 m entre si, representando um único raio, conforme descrito por Sousa (2001), montadas ao longo de um raio da área do pivô.

Em cada uma das linhas, os coletores, dispostos ao longo dos pivôs, foram numerados em ordem crescente, a partir do centro, afastados 5 m entre si e apoiados em suportes de 40 cm de altura. Procurou-se nivelar as seções de captação dos pluviômetros, que mediam 50,30 cm<sup>2</sup>.

Todas as avaliações de uniformidade nos pivôs centrais convencionais foram feitas com os percentímetros regulados a 100%. A velocidade de deslocamento da última torre do pivô foi obtida determinando-se o tempo de percurso de 10 m da última torre.

Foi determinada a velocidade do vento por meio de um anemômetro digital no local. Foram realizadas três leituras, uma no início da avaliação, uma durante a avaliação e uma no final da avaliação, sendo, posteriormente, calculada a sua velocidade média.

O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) foram determinados utilizando-se as equações 1 e 2, respectivamente, ambas apresentadas por Heermann e Hein (1968).

$$CUC = 100 \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n S_i \left| L_i - \frac{\sum_{i=1}^n L_i S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \right|}{\sum_{i=1}^n L_i S_i} \right] \quad \text{eq.1}$$

em que:

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen, (%);

$S_i$  = distância do centro do pivô ao ponto  $i$ , m;

$L_i$  = lâmina coletada nos pluviômetros de ordem  $i$ , em mm;

$n$  = número de observações.

$$\text{CUD} = 100 \left[ \frac{\sum_{i=p}^q LiSi}{\sum_{i=p}^q Si} \right] \left[ \frac{\sum_{i=1}^n LiSi}{\sum_{i=1}^n Si} \right] \quad \text{eq.2}$$

em que:

CUD = coeficiente de uniformidade de distribuição, (%);

p = primeiro elemento da série crescente de lâminas coletadas; e

q = elemento da série de lâminas crescente correspondente à soma de ¼ da área total.

### **Uniformidade de aplicação de água dos sistemas de irrigação por pivô central equipados com emissores lepa e “alternativos”**

Nos sistemas de irrigação por pivô central equipados com emissores tipo LEPA, as avaliações foram realizadas seguindo a metodologia proposta por Teixeira et al. (2006). Durante os testes, foi fixado um volume no recipiente e marcado o tempo necessário para completar esse volume. Com os dados obtidos, calculava-se a vazão de cada emissor instalado ao longo da linha lateral. Foi efetuada a medição da vazão de 100% dos emissores ao longo do pivô.

A velocidade de deslocamento da última torre do pivô foi determinada utilizando-se a mesma metodologia do pivô central convencional. As avaliações foram feitas com os sistemas de pivô central em movimento. De posse da vazão de cada emissor, velocidade do pivô, raio do pivô e espaçamento entre emissores, foram determinadas as lâminas aplicadas por emissor.

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Uniformidade de aplicação de água dos sistemas de irrigação localizada por gotejamento**

Os valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) para os sistemas de irrigação

localizada por gotejamento são apresentados na Tabela 1.

Observa-se que dos sete sistemas de irrigação localizada por gotejamento avaliados, três deles (2, 5 e 6), ou seja, 43% apresentaram valores do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) acima de 90%, considerados excelentes para esse tipo de equipamento. Os sistemas 1 e 3 apresentaram valores considerados bons (entre 80 e 90%), o sistema 4 exibiu valor de CUD considerado aceitável (entre 70 e 80%) e o sistema 7 enquadrou-se na classificação inaceitável.

Esses resultados são inferiores aos de Souza et al. (2006), que avaliaram 31 sistemas de irrigação por gotejamento, sendo 15 no Cerrado de Minas Gerais e 16 no norte do Espírito Santo, constatando que apenas um sistema avaliado apresentou valor abaixo de 70%, refletindo uma uniformidade ruim. Nos demais resultados, 10 sistemas apresentaram valores de uniformidade de distribuição entre 70 e 80%, oito exibiram valores entre 80 e 90%, e 12, valores acima de 90%.

No sistema 1 foram avaliados cinco setores, com valores de CUD variando de 72,36 a 90,14% e de CUC, de 85,09 a 93,97%. Observou-se que apenas um setor apresentou valor de CUD superior a 90%, enquanto dois outros revelaram valores entre 80-90% e os setores restantes apresentaram valores entre 70-80%.

Na Figura 1 são apresentadas as vazões dos emissores ao longo das linhas laterais do sistema 1. As Figuras 1a e 1b representam os setores 1 e 5, respectivamente. Observa-se a maior variação de vazão ao longo das linhas laterais do sistema 5, em comparação com o setor 1. O problema de vazão nos gotejadores apresentados em alguns setores desse sistema pode ter sido provocado pela entrada de raízes do café dentro dos emissores, uma vez que se observou grande afloramento das raízes em função do acúmulo de palhada e do microclima muito úmido sobre a faixa molhada.

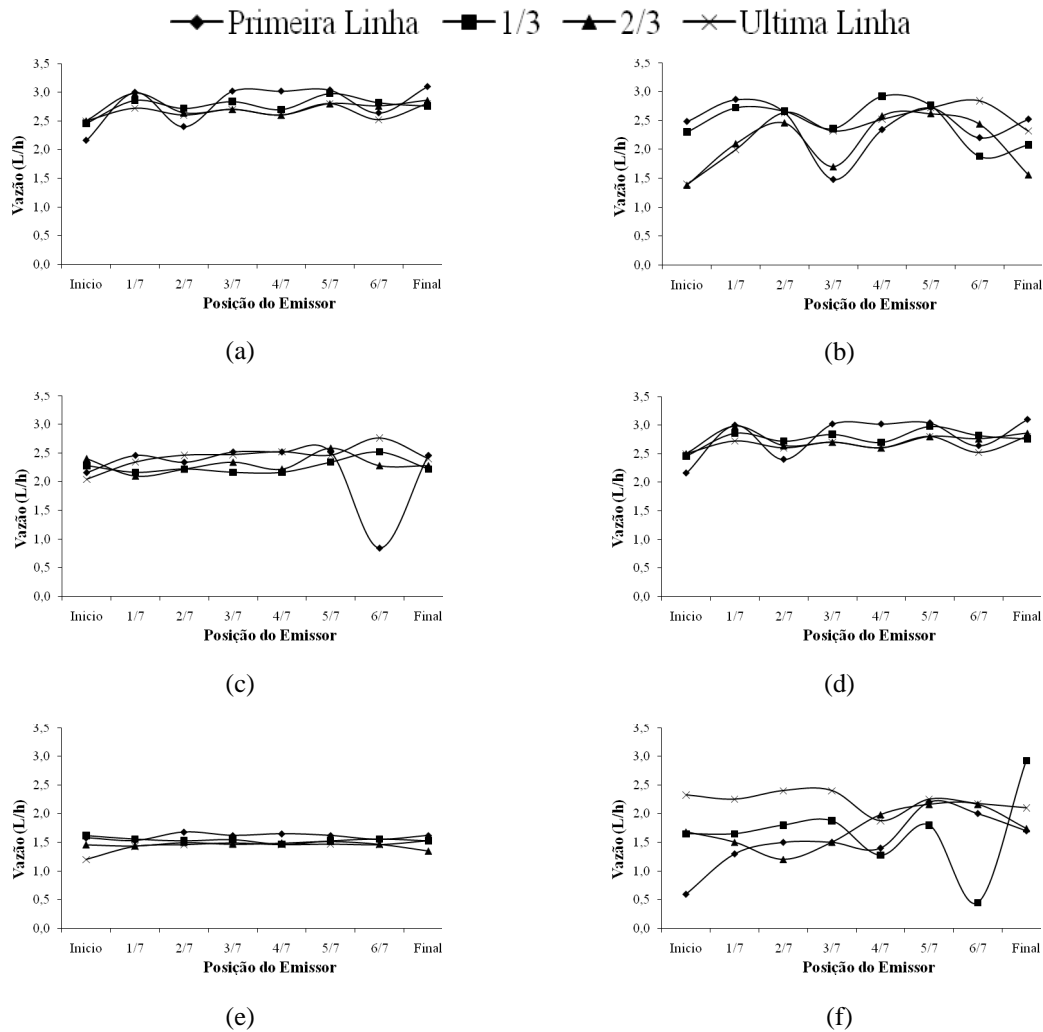
Na Figura 1c, observa-se a variação da vazão ao longo das linhas do setor 3 do sistema 3. Nesse sistema, foram realizadas avaliações em 4 setores. Os valores de CUD variaram de 80,22 a 90,94%. Observa-se também na Figura 1c que ocorreu grande variação na vazão de um dos gotejadores, o que pode ter proporcionado redução no valor do CUD na avaliação do setor.

**Tabela 1** – Área, idade, valores de CUC e CUD e vazões dos emissores encontrados nas avaliações realizadas.

Sistema	Área (ha)	Idade (anos)	Setor	CUC (%)	CUD (%)	Vazão (L h <sup>-1</sup> )	
						Nominal	Coletada
1	25	2,5	1	93,97	90,14	2,20	2,74
			2	93,39	88,88	2,20	2,60
			3	92,52	87,37	2,20	2,25
			5	85,09	72,36	2,20	2,33
			6	88,51	77,71	2,20	1,87
			Média	90,70	83,29	2,20	2,36
2	10	6,0	-	93,93	90,71	2,30	2,32
3	200	3,5	2	87,54	80,22	2,30	2,08
			3	92,07	85,91	2,30	2,30
			5	94,68	90,94	2,30	2,28
			8	91,89	87,67	2,30	2,05
			Média	91,55	86,19	2,30	2,18
4	50	4,0	-	88,26	78,07	1,80	1,73
5	138	4,5	1	93,75	90,84	2,30	2,45
			2	94,95	90,71	2,30	2,42
			3	93,62	88,34	2,30	2,41
			5	95,03	92,17	2,30	2,44
			Média	94,34	90,52	2,30	2,43
6	25	3,5	-	95,59	93,06	1,50	1,51
7	36	5,0	4	86,81	77,11	1,80	1,73
			3	78,28	64,38	1,80	1,79
			5	74,33	55,37	1,80	1,80
			9	84,73	70,66	1,80	1,16
			Média	81,04	66,88	1,80	1,62

Verifica-se na Figura 1d que o sistema 4 apresentou problemas de entupimento, como ocorreu no Sistema 5, onde foram avaliados quatro setores, com os valores de CUD e CUC variando de 93,62 a 95,03% e de 88,34 a 92,17%, respectivamente. Observou-se, nesse sistema, pequena variação dos valores de CUD e CUC entre os setores; dos sistemas que tiveram um número superior de avaliações de setores, foi o que obteve os melhores valores de uniformidade.

Na Figura 1e, observa-se pequena variação de vazão ao longo das linhas de gotejadores avaliados no sistema 6, que, mesmo não sendo autocompensante, proporcionou um valor de CUD considerado excelente, ao contrário do que se verifica na Figura 1f (sistema 7, setor 3), em que um sistema, também não autocompensante, apresentou um valor de CUD inaceitável para esse tipo de equipamento.



**Figura 1** – Vazão dos emissores ao longo das linhas laterais avaliadas: sistema 1(setor 1) (a); sistema 1(setor 3) (b); sistema 3(setor 3) (c); sistema 4 (d); sistema 6 (e) e sistema 7 (setor 3) (f).

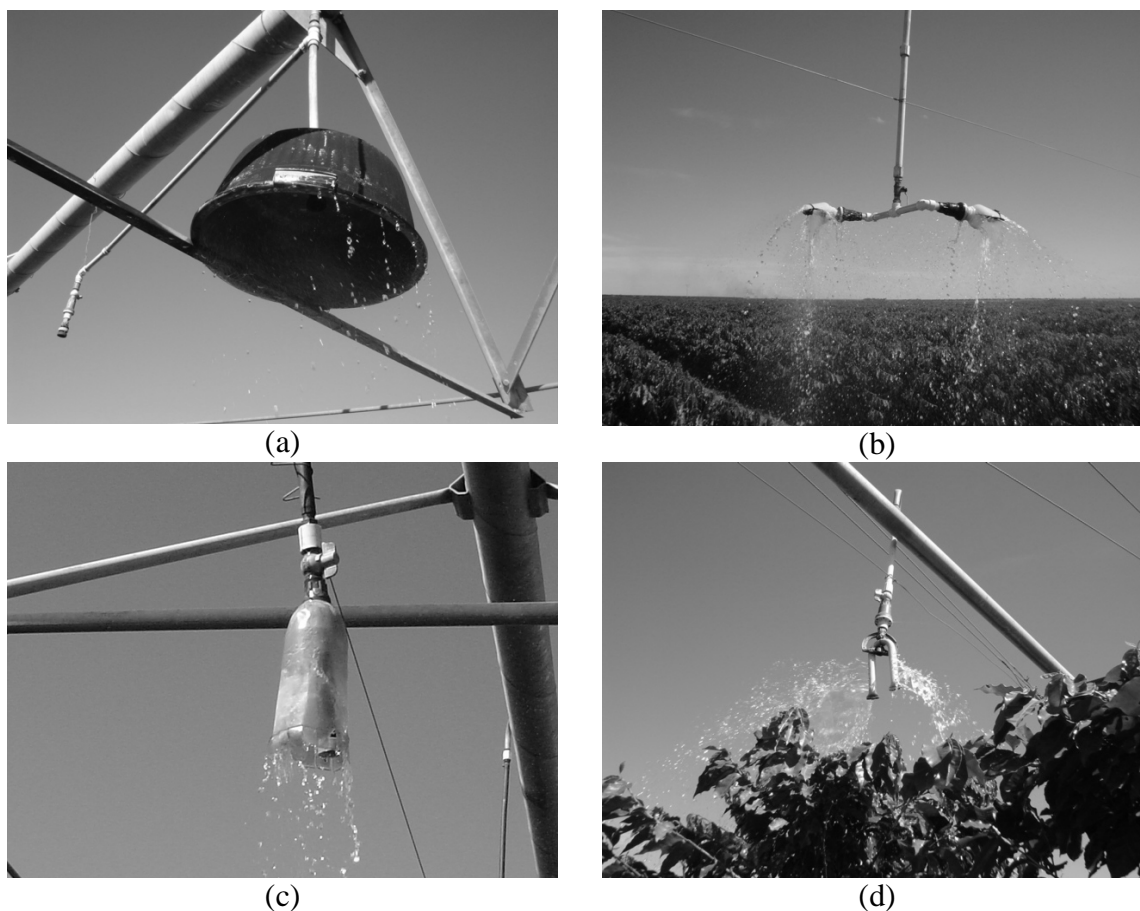
Foram avaliados quatro setores no sistema 7, com os valores de CUD variando de 55,37 a 77,11% e CUC oscilando de 74,33 a 86,81. Durante a avaliação do sistema 7, foi observado grande número de gotejadores enterrados sobre uma camada de aproximadamente 0,10 m de solo. Tal enterrio foi provocado pelos tratos culturais do café adotado nessa fazenda.

#### Uniformidade de aplicação de água dos sistemas de irrigação por pivô central

Na Figura 2, observam-se quatro modelos de pivô central alternativos avaliados. Na Figura 2a

(sistema 27), nota-se o uso de uma bacia ou balde cobrindo um difusor, transformando-o em um emissor de aplicação localizada. Na Figura 2b (sistema 23), verifica-se o uso de dois difusores horizontalmente com uma cobertura plástica artesanal na parte superior.

Na Figura 2c (sistema 26), observa-se um emissor fabricado com um tubo de PVC perfurado, recoberto por uma garrafa plástica “pet”. Já na Figura 2d (sistemas 24 e 25), a vazão do emissor é controlada por um bocal de um difusor e, em seguida, a água é injetada dentro de um tubo de PVC perfurado, em forma de ferradura.



**Figura 2** – Pivôs centrais equipados com emissores alternativos, utilizando bacia (a), recipiente de defensivo agrícola (b), garrafa “pet” (c) e tubo de PVC (d).

Os valores dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) e de uniformidade de distribuição (CUD), nos pivôs centrais avaliados, são apresentados na Tabela 4.

Dos 20 pivôs centrais avaliados, apenas os sistemas 9 e 10, ou seja, 10% deles apresentaram valores de CUC abaixo de 80%, valores inferiores ao recomendado para o equipamento em culturas de sistema radicular profundo, como é o caso do cafeeiro, conforme Bernardo, Soares e Mantovani (2006). Mantovani e Ramos (1994) afirmaram que o valor mínimo aceitável de CUC para sistemas de irrigação por pivô central é de 80%; portanto, 90% dos sistemas de irrigação por pivô central avaliados estão trabalhando com valores adequados. Entretanto, quando se analisam apenas os pivôs de aplicação em

área total (convencional), observa-se que dos quatro sistemas avaliados, dois tiveram valores de CUC inferiores aos recomendados.

Os valores de uniformidade encontrados nos sistemas de pivôs convencionais são razoáveis na região em estudo, sendo resultados superiores encontrados por Sousa (2001) nos sistemas de irrigação por pivô central utilizados na cafeicultura irrigada do norte do Espírito Santo e extremo sul da Bahia. No trabalho, verificou-se que apenas dois pivôs (20% dos casos) apresentaram uniformidade de aplicação de água abaixo do recomendado. A média dos valores de CUC encontrados por esse mesmo autor, nas 10 avaliações realizadas, foi de 82,20%, superando, assim, o valor médio obtido neste trabalho com sistemas de irrigação por pivô central convencional.

**Tabela 4** – Valores de CUC e CUD encontrados nas avaliações realizadas em sistemas de irrigação, por pivô central, utilizados na cafeicultura do oeste da Bahia.

Sistema	Localização	CUC %	CUD %	Área (ha)	Tipo de Pivô
8	Barreiras	84,93	79,64	62	Convencional
9	LEM	76,58	67,94	105	Convencional
10	LEM	72,73	64,15	141	Convencional
11	Barreiras	86,78	79,55	123	Convencional
12	Barreiras	90,47	89,52	74	LEPA
13	Barreiras	92,62	91,87	94	LEPA
14	Barreiras	92,94	90,29	113	LEPA
15	Barreiras	93,84	92,11	84	LEPA
16	Barreiras	92,21	91,81	94	LEPA
17	Barreiras	92,56	90,68	84	LEPA
18	Barreiras	87,65	83,66	104	LEPA
19	Barreiras	87,74	84,08	104	LEPA
20	Barreiras	93,45	91,22	84	LEPA
21	Barreiras	93,56	93,10	94	LEPA
22	Barreiras	95,34	93,68	84	LEPA
23	São Desidério	82,98	63,41	103	Alternativo
24	LEM	90,22	83,65	115	Alternativo
25	LEM	84,84	79,13	121	Alternativo
26	LEM	83,16	81,02	105	Alternativo
27	LEM	87,94	83,72	97	Alternativo

\* LEM – Luis Eduardo Magalhães.

Oliveira et al. (2004), avaliando 11 pivôs centrais convencionais nos municípios de Barreiras e Bom Jesus da Lapa no oeste da Bahia, encontraram valores de CUC que variaram de 67,6 a 92,4%, com média de 83% de uniformidade, superando, também, o valor médio obtido neste trabalho com sistemas de irrigação por pivô central convencional.

O valor médio de CUC e CUD dos 11 pivôs LEPA avaliados foi de 92,03 e 90,18%, respectivamente. Os valores podem ser considerados excelentes para esse método de irrigação, os quais foram superiores aos encontrados por Teixeira et al. (2006) que, avaliando pivôs centrais equipados com emissores LEPA na cafeicultura irrigada do Cerrado mineiro, conseguiram valores de CUC e CUD

variando de 79 a 93% e de 67 a 90%, respectivamente.

As avaliações realizadas nos pivôs alternativos apresentaram valores de CUC variando de 82,98 a 90,22% e de CUD oscilando de 63,41 a 83,72%, com valores médios de 85,83 e 78,19% de CUC e CUD, respectivamente. Nenhum pivô de aplicação localizada (LEPA e Alternativo) apresentou valor de CUC inferior a 80%.

Em nenhum dos sistemas de irrigação por pivô central avaliados, foi observada a ocorrência de escoamento superficial durante a aplicação das lâminas de irrigação.

As velocidades médias do vento durante as avaliações dos pivôs convencionais foram de 1,62;



7,44; 6,70; e 3,1 m s<sup>-1</sup>, nos sistemas 8, 9, 10 e 11, respectivamente. Dessa forma, a velocidade média do vento durante as avaliações de dois sistemas (9 e 10) foram consideradas altas, segundo critério apresentado por Solomon (1990), que definiu os intervalos de velocidade de vento para efeito de irrigação por aspersão como baixa, de 0 a 1,9 m s<sup>-1</sup>; moderada, de 1,9 a 3,9 m s<sup>-1</sup>; e alta, acima 3,9 m s<sup>-1</sup>. Já as velocidades médias do vento durante as avaliações dos sistemas 8 e 11 foram consideradas baixa e moderada, respectivamente, segundo esse mesmo autor.

Martín-Benito (1999) citou que sistemas de irrigação com linha lateral em movimento, como é o caso do pivô central, sofrem menor influência do vento, em comparação com os outros sistemas de irrigação por aspersão. Isso se deve ao fato de a linha lateral ocupar infinitas posições durante a irrigação e de o espaçamento entre aspersores, nesse sistema, ser bastante reduzido.

Os valores de velocidade do vento obtidos nas avaliações dos pivôs 9 e 10 excedem o critério proposto pela norma ASAE S436.1 (AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS - ASAE, 2000), que delimita a velocidade de vento máxima permitida nas avaliações em 5 m s<sup>-1</sup>. Entretanto, esse critério é para avaliações em que o objetivo é avaliar o desempenho dos emissores, ou seja, analisar o projeto e não o sistema em condição normal de funcionamento.

Vale ressaltar que se os pivôs convencionais fossem avaliados durante a noite, possivelmente os resultados de uniformidade seriam superiores, principalmente nos sistemas 9 e 10. Entretanto, as avaliações foram realizadas nas condições operacionais das fazendas, uma vez que é prática, nesses estabelecimentos, a irrigação iniciar-se à noite e terminar durante o dia, ou até mesmo irrigar durante todo o dia. No momento da avaliação, o sistema 10 estava fertirrigando, o que pode proporcionar maiores perdas na produtividade do cafeeiro, uma vez que a distribuição de adubos segue a mesma distribuição da água.

Na Figura 3, são mostrados os perfis de distribuição de água dos pivôs centrais avaliados 10, 21, 22 e 24, respectivamente. Observa-se pequena variação da lâmina coletada ao longo dos pivôs

centrais 21 e 22 (Figuras 3b e 3c, respectivamente), em comparação com os outros dois pivôs centrais (Figuras 3a e 3d).

O pivô central convencional (Figura 3a) apresentou grande variação nas lâminas coletadas em relação à média da coleta. Tal variação pode ter sido provocada devido a problemas nas válvulas controladoras de pressão e troca de bocais dos difusores, não sendo observados problemas relevantes quanto a entupimento de emissores ou vazamentos.

Os pivôs centrais equipados com emissores LEPA (Figuras 3b e 3c) apresentaram as menores variações nas lâminas coletadas, observando-se uma adequada distribuição de água por esses sistemas, que exibiram valores de coeficientes de uniformidade elevados.

O pivô central equipado com emissores alternativos (Figura 3d) apresentou grande variação na lâmina coletada em relação à média coletada, principalmente na primeira metade do pivô central, com as lâminas coletadas superestimando a média.

#### **Uniformidade de aplicação de água média dos sistemas avaliados**

Na Figura 4, apresentam-se os valores médios de CUC e CUD encontrados por sistemas de irrigação avaliados. Nota-se, nessa figura, que os sistemas de irrigação por gotejamento e pivô central equipado com emissores LEPA apresentaram maiores valores de CUC, seguidos dos pivôs equipados com emissores alternativos e pivôs convencionais.

Observou-se que os pivôs centrais de aplicação localizada (LEPA e alternativos) apresentaram valores de uniformidade superiores aos dos pivôs centrais convencionais, resultados já esperados, pelo fato de que esses sistemas não sofrem grandes perdas por evaporação e arraste, como os pivôs centrais convencionais.

Embora sigam a mesma metodologia de aplicação de água, verificou-se que os pivôs LEPA são superiores (CUC e CUD) aos pivôs alternativos, possivelmente em razão de problemas hidráulicos encontrados nesses emissores, devido a adaptações feitas para a aplicação de água localizada sobre a planta.

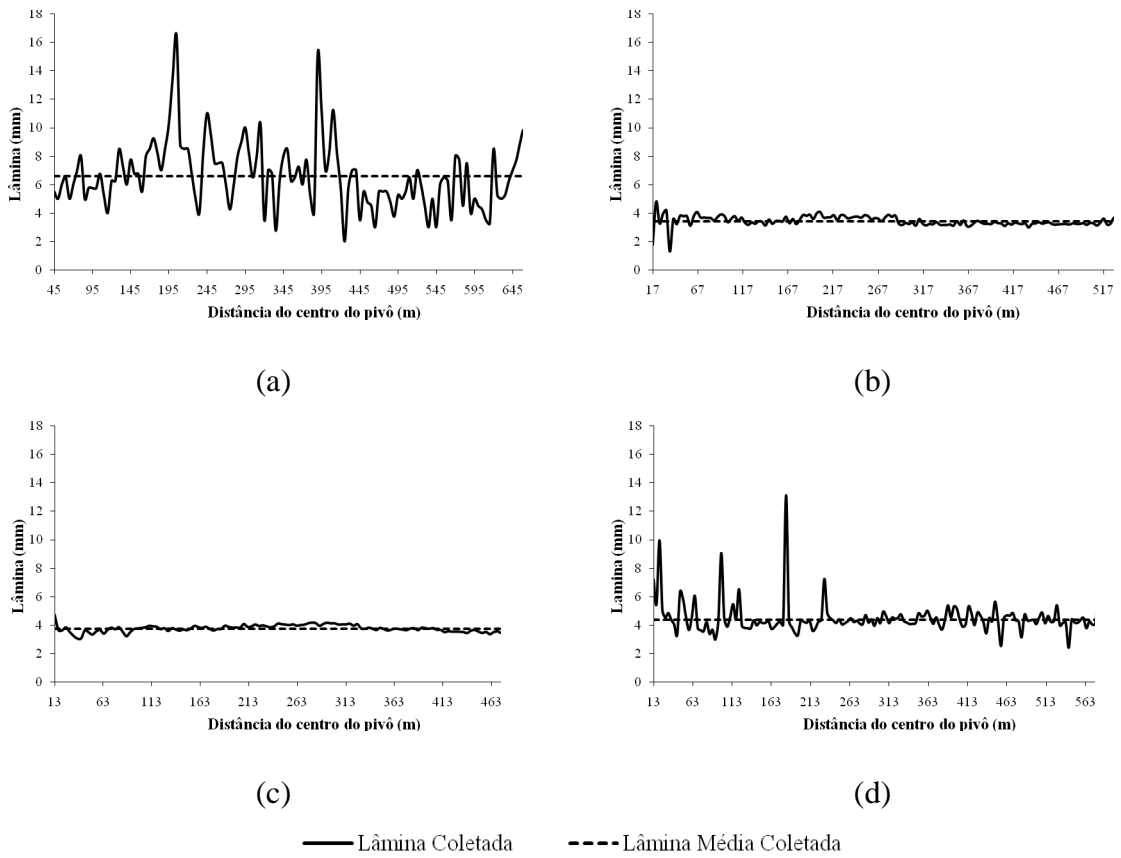


Figura 3 – Lâmina média coletada e lâmina coletada ao longo da linha lateral dos sistemas 10 (a), 21 (b), 22 (c) e 24 (d).

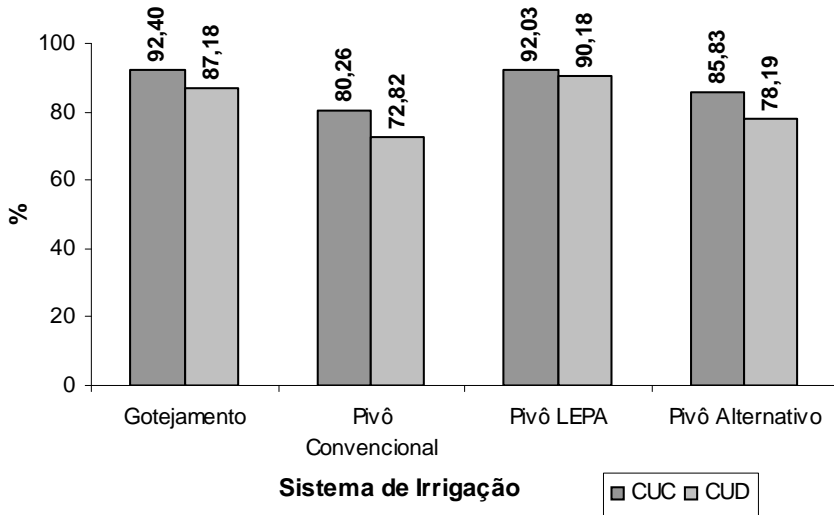


Figura 4 – Valores médios de CUC e CUD encontrados por sistemas de irrigação avaliados.

#### 4 CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos, pode-se concluir que dois pivôs, ou seja, 10% dos pivôs centrais avaliados, apresentaram valores de CUC considerados inadequados; apenas um sistema de irrigação localizada por gotejamento avaliado apresentou o CUD considerado inaceitável; o valor médio de CUD encontrado durante as avaliações, no sistema de irrigação por pivô equipado com emissores LEPA, foi superior ao valor apresentado pelo sistema de gotejamento; os pivôs centrais de aplicação localizada apresentaram valores de uniformidade superiores aos dos pivôs centrais convencionais, sendo os pivôs centrais equipados com emissores LEPA, que exibiram os valores superiores de CUC e CUD.

#### 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS. **ASAE S436.1**: test procedure for determining the uniformity of water distribution of center pivot and lateral move irrigation machines equipped with spray or sprinkler nozzles. Saint Joseph, 2000. 912 p.

ARÊDES A. F. de et al. Viabilidade econômica da irrigação da cultura do café na região de Viçosa-MG. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v. 5, n. 2, p. 207-225, 2007.

ARÊDES, A. F. de; PEREIRA, M. W. G.; SANTOS, M. L. dos. A irrigação do cafezal como alternativa econômica ao produtor. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 193-200, 2010.

ASSOCIAÇÃO DOS AGRICULTORES E IRRIGANTES DO OESTE DA BAHIA. **5º anuário de pesquisas da cafeicultura irrigada do oeste da Bahia**. Barreiras, 2005. 62 p.

BARRAGAN, J.; BRALTS, V.; WU, I. P. Assessment of emission uniformity for micro-irrigation design. **Biosystems Engineering**, London, v. 93, n. 1, p. 89-97, 2006.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 611 p.

CAI, Z. Q. et al. Effects of fertilization on the growth, photosynthetic characteristics and yield of *Coffea arabica*. **Chinese Journal of Applied Ecology**, Beijing, v. 15, p. 1561-1564, 2004.

CHEN, J. Y. et al. Measurement and analysis of the redistribution of soil moisture and solutes in a maize field in the lower reaches of the Yellow River. **Hydrological Processes**, Chichester, v. 18, p. 2263-2273, 2004.

COLAIZZI, P. D. et al. comparison of SDI, LEPA, and Spray irrigation performance for grain sorghum. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 47, n. 5, p. 1477-1492, 2004.

DENÍCULI, W. et al. 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.

HEERMANN, D. F.; HEIN, P. R. Performance characteristics of self-propelled center-pivot sprinkler irrigation system. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 11, n. 1, p. 11-5, 1968.

JALOTA, S. K.; SOOD, A. G. B. S.; CHAHAL, B. U. Crop water productivity of cotton (*Gossypium hirsutum* L.): wheat (*Triticum aestivum* L.) system as influenced by deficit irrigation, soil texture and precipitation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 84, p. 137-146, 2006.

LÓPEZ-MATA, E. et al. Effect of irrigation uniformity on the profitability of crops. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 98, p. 190-198, 2010.

LYLE, W. M.; BORDOVSKY, J. P. LEPA irrigation system evaluation. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 26, n. 3, p. 776-781, 1983.

\_\_\_\_\_. Low energy precision application (LEPA) irrigation system. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 24, n. 5, p. 1241-1245, 1981.

MANTOVANI, E. C. A irrigação do cafeeiro. **Revista Irrigação e Tecnologia Moderna**, Piracicaba, v. 48, n. 1, p. 45-49, 2000.

MANTOVANI, E. C.; RAMOS, M. M. Manejo da irrigação. In: COSTA, E. F. da; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. (Ed.). **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. p. 129-158.

- MANTOVANI, E. C.; VICENTE, M. R.; MUDRIK, A. S. Irrigação do cafeeiro: em que condições a irrigação é necessária e como irrigá-lo nestas condições? In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Produção integrada de café**. Viçosa, MG: UFV, 2003. p. 279-317.
- MARTÍN-BENITO, J. M. T. **El riego por aspersión y su tecnología**. 2. ed. Madri: Mundi, 1999. 569 p.
- MATTA, F. M. da et al. Drought tolerance of two field-grown clones of *Coffea canephora*. **Plant Science**, Shannon, v. 164, p. 111-117, 2003.
- MERRIAM, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271 p.
- OLIVEIRA, A. S. et al. Avaliação do desempenho de sistemas pivô central na região oeste da Bahia. **Irriga**, Botucatu, v. 9, n. 2, p. 126-135, 2004.
- PEREIRA, L. S. et al. Irrigation scheduling strategies for cotton to cope with water scarcity in the Fergana Valley, Central Asia. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 96, p. 723-735, 2009.
- SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T. **Cultivo do cafeeiro irrigado em plantio circular sob pivô central**. Belo Horizonte: O Lutador, 2002. 251 p.
- SCHNEIDER, A. D.; HOWELL, T. A. Grain sorghum response to sprinkler application methods and system capacity. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 38, n. 6, p. 1693-1697, 1995.
- SEPASKHAH, A. R.; GHAHRAMAN, B. The effects of irrigation efficiency and uniformity coefficient on relative yield and profit for deficit irrigation. **Biosystems Engineering**, London, v. 87, n. 4, p. 495-507, 2004.
- SOLOMON, K. H. **Sprinkler irrigation uniformity**. Fresno: California State University, 1990. 15 p.
- SOUSA, M. B. A. **Análise técnica de sistemas de irrigação por pivô central utilizados na cafeicultura irrigada do Norte do Espírito Santo e Extremo Sul da Bahia**. 2001. 123 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- SOUZA, L. O. C. et al. Avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados na cafeicultura. **Agriambi**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 541-548, 2006.
- TEIXEIRA, M. B. et al. Avaliação da irrigação por pivô central equipado com lepa, utilizando um novo dispositivo coletor de água. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 17, p. 7-15, 2006.
- VIEIRA, G. H. S. et al. Recuperação de gotejadores obstruídos devido à utilização de águas ferruginosas. **Agriambi**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 1-6, 2004.
- YAZAR, A.; SEZEN, S. M.; SESVEREN, S. LEPA and trickle irrigation of cotton in the Southeast Anatolia Project (GAP) area in Turkey. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 54, n. 3, p. 189-203, 2002.