

---

**NOTA TÉCNICA:**

**ANÁLISE TÉCNICA DA CAFEICULTURA IRRIGADA POR PIVÔ CENTRAL NO NORTE DO ESPÍRITO SANTO E EXTREMO SUL DA BAHIA<sup>1</sup>**

Mauricio Bonatto Alves de Sousa<sup>2</sup>, Everardo Chartuni Mantovani<sup>3</sup>, José Geraldo Ferreira da Silva<sup>4</sup>, Marcelo Rossi Vicente<sup>5</sup>, Gustavo Haddad Souza Vieira<sup>6</sup>

**RESUMO**

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a uniformidade de aplicação de água de sistemas de irrigação por pivô central utilizados na cafeicultura irrigada do norte do Espírito Santo e extremo sul da Bahia. Avaliou-se a uniformidade de aplicação de água em dez sistemas de irrigação por pivô central, distribuídos em seis municípios, sendo determinados o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) de cada sistema. Entre os dez pivôs avaliados, três deles apresentaram problemas de uniformidade de aplicação de água. Os resultados podem ser considerados satisfatórios tendo em vista que os equipamentos avaliados apresentavam até quinze anos de funcionamento.

**Palavras-chave:** coeficiente de uniformidade de Christiansen, *Coffea canephora* Pierre, aspersão, uniformidade de aplicação

**ABSTRACT**

**TECHNICAL ANALYSIS OF CENTRAL PIVOT EQUIPMENTS USED TO IRRIGATE COFFEE PLANTATIONS IN NORTHERN ESPÍRITO SANTO AND EXTREME SOUTHERN BAHIA STATES**

This study was done to determine the uniformity of water supplied by the central pivot irrigation systems used in coffee plantations in the northern Espírito Santo and extreme southern parts of Bahia states. The evaluation of ten systems in six municipalities was carried out using Christiansen uniformity coefficient (CUC) and the distribution uniformity coefficient (DUC). Problems in the uniformity of water application were found in 3 (30%) pivots, which were considered satisfactory, considering that pivots were evaluated after fifteen years of use.

**Keywords:** application uniformity, *Coffea Canephora* Pierre, sprinkle irrigation, Christiansen uniformity coefficient

---

**Recebido para publicação em 25/02/2010. Aprovado em 03/05/2011.**

1- Trabalho financiado pelo Consórcio Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento do Café (CNP&D Café / Embrapa)

2- Eng. Agrônomo, M.S., Coordenador Regional John Deere Water Brasil, mauricio@plastro.com.br

3- Eng. Agrícola, Prof. Titular, D.S. DEA/UFV, everardo@ufv.br

4- Eng. Agrícola, D.S., Pesquisador Incaper, jgeraldo@incaper.es.gov.br

5- Eng. Agrônomo, D.S., Prof. IFNMG, *campus* Salinas, mrossivicente@gmail.com

6- Eng. Agrônomo, Doutorando Eng. Agrícola, Bolsista CAPES, DEA/UFV, Prof. IFES Santa Teresa, ghsvieira@gmail.com

## INTRODUÇÃO

A área de cultivo do *Coffea canephora* Pierre se expandiu muito nos últimos anos pelo fato de suas lavouras serem mais resistentes, vigorosas, produtivas (mais de 100 sacas.ha<sup>-1</sup>) e menos exigentes em tratamentos, resultando em menores custos de produção. As regiões tradicionais de cultivo situam-se nas zonas baixas e quentes do Estado do Espírito Santo, no vale do Rio Doce, em Minas Gerais, no sul da Bahia e no norte do Rio de Janeiro. Mais recentemente, a cultura do Conilon atingiu a região amazônica, expandindo-se por Rondônia, Mato Grosso, Pará e Acre (MATIELLO et al., 2002).

No período de 1985 a 1987, houve grande estímulo para a irrigação de café Conilon na região Norte do Espírito Santo, porém foi na década de 90 que os produtores, motivados pelos preços elevados do café, passaram a utilizar maciçamente a irrigação na cafeicultura da região. Entretanto, face à ausência de resultados de pesquisa, a implantação e, principalmente, o manejo dos sistemas de irrigação foram realizados de forma empírica e desordenada, havendo, assim, necessidade de estudar o real benefício desta prática e as melhores alternativas de manejo (DADALTO; PREZOTTI, 1995).

Vários sistemas de irrigação podem ser utilizados na cafeicultura, destacando-se a irrigação localizada por gotejamento, a irrigação por aspersão convencional, o autopropelido, o pivô central e sistemas simplificados com mangueiras perfuradas.

O sistema pivô central vem assumindo grande importância entre os vários sistemas de irrigação existentes, com rápida difusão nas várias regiões do país, já ocupando cerca de 20% da área irrigada no Brasil (CHRISTOFIDIS, 2006). Como os demais sistemas de irrigação, ele requer técnicas de manejo embasadas em informações relativas ao solo, clima, cultura e parâmetros de desempenho do sistema.

Para a adoção de uma estratégia de manejo de irrigação, é fundamental que seja realizada inicialmente uma avaliação de desempenho do sistema, uma vez que, baseado nestes resultados, é possível ajustar a utilização do equipamento aos

requerimentos hídricos da cultura, considerando a eficiência e a uniformidade de aplicação de água do sistema.

A baixa uniformidade de aplicação da lâmina de água sobre a área irrigada leva a resultados insatisfatórios, reduzindo a eficiência de aplicação do sistema, aumentando os custos com bombeamento e diminuindo a produtividade da cultura. Na irrigação por aspersão, a uniformidade de distribuição de água é influenciada principalmente pelo perfil de distribuição do aspersor, pela relação entre a pressão e o diâmetro do bocal, pelo espaçamento entre aspersores, pela variação de pressão no sistema e pela velocidade e direção do vento (MANTOVANI et al., 2009; BERNARDO et al., 2006).

O fator climático que exerce maior influência na uniformidade de aplicação de água em sistemas de irrigação por aspersão é o vento. Porém o sistema pivô central apresenta vantagens em condições de vento sobre os demais sistemas fixos de aspersão. Primeiro, a linha lateral se movimenta continuamente, representando um número infinito de posições ao longo de sua trajetória e, portanto, cada ponto será irrigado normalmente sob distintas condições de vento em irrigações sucessivas, compensando as distorções produzidas pelo vento. Segundo, os aspersores estão separados por distâncias relativamente pequenas, permitindo uma boa sobreposição de água entre os perfis de distribuição destes aspersores. Devido à rotação do sistema, o efeito prejudicial do vento no perfil de distribuição é reduzido (JENSEN, 1983). Entretanto, nestes sistemas, os aspersores estão mais altos em relação à superfície do solo, em comparação com os sistemas estacionários, estando mais sujeitos à ação do vento (TARJUELO MARTÍN-BENITO, 1995).

Existem várias equações para calcular a uniformidade de distribuição de água de um sistema de irrigação, estando a equação de Christiansen (1942) (CUC) e a equação de uniformidade de distribuição (CUD) entre as mais usadas.

Segundo a ABNT (1998), uma forma de analisar a distribuição de água é examinando a uniformidade na porção da área irrigada que recebe menor quantidade de água proveniente da irrigação. O coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD)

é uma medida de distribuição da água que relaciona a lâmina aplicada na quarta parte da área total que recebe menos água com a lâmina média aplicada na área total. Um baixo valor de CUD indica que uma excessiva perda por percolação profunda ocorreria se toda a área recebesse uma lâmina maior ou igual à real necessária.

O CUC é considerado o principal parâmetro que descreve a uniformidade de irrigação, sendo usado para medir a variabilidade espacial da lâmina de água aplicada pelo sistema de irrigação (MANTOVANI *et al.*, 2009). O valor de CUC geralmente apresenta maiores valores de uniformidade de irrigação se comparado ao CUD. De acordo com Burt *et al.* (1997), por esta e outras razões, o CUD vem sendo cada vez mais adotado em várias partes do mundo.

Segundo Bernardo *et al.* (2006), para o sistema pivô central, é recomendado um CUC maior ou igual a 90% para culturas com alto valor comercial ou sistema radicular raso; um CUC entre 85 e 90% para cultivares com sistema radicular médio; e um CUC de 80 a 85% para cultivares com sistema radicular profundo.

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a uniformidade de aplicação de água de sistemas de irrigação por pivô central utilizados na cafeicultura irrigada do norte do Espírito Santo e extremo sul da Bahia.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no período de julho a

agosto de 2000, tendo sido avaliados dez sistemas de irrigação por pivô central localizados em dez distintas propriedades de cafeicultores distribuídas nas regiões norte do Espírito Santo e extremo sul da Bahia.

A escolha das propriedades avaliadas foi feita com base em informações obtidas junto ao IBGE e a outras entidades que atuam na área em questão, como Incaper (Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural) e EBDA (Empresa Baiana de Desenvolvimento Agropecuário). Foi feito um levantamento relacionado com a distribuição da produção de café entre os municípios da região em estudo e, posteriormente, selecionadas as propriedades, que foram avaliadas seguindo critérios relacionados com a representatividade quanto à área, ao emprego de irrigação, à produção, entre outros.

No Quadro 1 apresenta-se a localização dos pivôs, seu fabricante e os dados gerais da área de cada sistema avaliado. As avaliações foram feitas em seis municípios diferentes da região, sendo um localizado no extremo sul da Bahia e cinco no norte do Espírito Santo. A maioria dos pivôs avaliados é da marca Carborundum, pois é deste fabricante a maior parte dos pivôs em atividade na região utilizados na cafeicultura. Os tamanhos dos pivôs avaliados foram os mais variados possíveis, com equipamentos que irrigam uma área de 10 ha até sistemas que irrigam mais de 100 ha.

Para obter as uniformidades de aplicação de água dos pivôs, foram utilizadas duas linhas de

**Quadro 1.** Localização, fabricante, área total irrigada pelo equipamento, área irrigada cultivada com café e idade da lavoura para cada sistema

Equipamento	Localização	Fabricante	Área irrigada (ha)	Área com café (ha)	Idade da lavoura (anos)
Pivô 1	N. Viçosa (BA)	Carborundum	107,5	100,3	3,0
Pivô 2	Pinheiros (ES)	Carborundum	54,1	50,0	1,5
Pivô 3	Jaguaré (ES)	Asbrasil	43,0	45,0	5,0
Pivô 4	Jaguaré (ES)	Esco	28,3	28,0	3,0
Pivô 5	Jaguaré (ES)	Carborundum	24,6	10,0	6,0
Pivô 6	Jaguaré (ES)	Esco	13,2	15,0	1,5
Pivô 7	Aracruz (ES)	Carborundum	40,0	10,0	1,5
Pivô 8	Sooretama(ES)	Carborundum	50,2	25,0	0,5
Pivô 9	Sooretama(ES)	Carborundum	29,4	30,0	5,0
Pivô 10	Linhares (ES)	Carborundum	51,3	25,0	6,0

coletores dispostas em paralelo, espaçadas entre si de meio metro, que representaram um único raio. Tal metodologia foi utilizada considerando a topografia plana e uniforme da região em estudo, visando à obtenção de uma repetição que trouxesse maior confiabilidade nas medidas, uma vez que metodologias já consagradas (ABNT, 1998; BERNARDO et al., 2006) para este tipo de avaliação eram operacionalmente inviáveis devido às características do café Conilon.

Em cada uma das linhas, os coletores foram dispostos ao longo dos pivôs, sendo numerados em ordem crescente a partir do centro, afastados entre si de 5 metros 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>.

Dentre os dez testes de uniformidade realizados, oito foram feitos com os pivôs na velocidade de 100% e um com o pivô na velocidade de 80%, de modo a reduzir sua velocidade de deslocamento, devido ao seu tamanho reduzido. As avaliações duraram, em média, três horas e as leituras dos volumes coletados em cada pluviômetro foram feitas com o auxílio de uma proveta graduada logo após a passagem da linha lateral do pivô sobre os coletores dispostos ao longo do raio do pivô.

Foram determinadas as velocidades de deslocamento das torres das extremidades de cada pivô na regulagem de 100%, à exceção de um pivô, que foi na regulagem de 80%, estabelecendo-se, com estacas, um comprimento de dez metros ao longo da trilha da roda da torre em questão e, com um cronômetro, foram marcados os tempos necessários para que os equipamentos percorressem tal distância.

Para determinar as perdas por evaporação nos pluviômetros, durante os testes, foram colocados três pluviômetros com volumes de água conhecidos próximo à área dos testes. No final do teste, foram determinadas, por diferenças, as perdas ocorridas.

Para caracterizar as condições climáticas durante os testes, foi instalada uma estação meteorológica automática, marca Metos, modelo Metos, com sensores de temperatura, umidade relativa, velocidade do vento, radiação solar e precipitação, em local próximo à área de cada teste.

As pressões de serviço no ponto pivô e na

extremidade do equipamento, próximo aos últimos aspersores, foram medidas utilizando um manômetro de Bourdon.

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

$$CUC = 100 \left[ 1 - \frac{\frac{\sum_{i=1}^n S_i \left| Li - \frac{\sum_{i=1}^n LiSi}{\sum_{i=1}^n S_i} \right|}{\sum_{i=1}^n LiSi}}{\sum_{i=1}^n LiSi} \right] \quad (1)$$

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  $i$ , (mm); e

$n$  = número de observações.

$$CUD = 100 \left[ \frac{\frac{\sum_{i=p}^q LiSi}{\sum_{i=p}^q S_i}}{\frac{\sum_{i=1}^n LiSi}{\sum_{i=1}^n S_i}} \right] \quad (2)$$

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  $\frac{1}{4}$  da área total.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

No Quadro 2 apresentam-se as características de funcionamento dos dez sistemas de irrigação por pivô central avaliados. Todos os dados foram obtidos por meio de medições diretas no campo, à exceção do tempo de utilização do sistema (idade do equipamento), que foi informado pelo produtor, e a vazão de projeto, que foi obtida na ficha técnica dos equipamentos.

No Quadro 2 mostra-se que foram avaliados tanto pivôs relativamente novos, caso do pivô 6, com apenas dois anos de uso, como também pivôs mais antigos, como o pivô 8, com quinze anos de

utilização. Os tamanhos dos equipamentos também são bastante variados com raios que variaram de 205 metros até 585 metros.

Um aspecto importante é a intensidade de aplicação de água dos sistemas. Pode-se notar que dos dez pivôs avaliados apenas dois (Pivô 6 e Pivô 9) aplicam lâmina maior que 10 mm, considerando 20 horas de funcionamento por dia do equipamento. Esta característica requer cuidados especiais no manejo de irrigação da cultura, uma vez que equipamentos com baixas intensidades de aplicação podem não ser capazes de repor rapidamente um déficit acentuado de água no solo.

**Quadro 2.** Idade do equipamento (Idade), raio molhado (Rm), regulagem do percentímetro (Rp), velocidade de deslocamento da última torre (Vdes), tempo gasto por volta (Tgv), pressão no ponto pivô (Ppt), pressão na extremidade do equipamento (Pext), vazão de projeto (Qprj) e intensidade de aplicação (Ia) nos pivôs avaliados

Sistema	Idade (anos)	Rm (m)	Rp (%)	Vdes (m.h <sup>-1</sup> )	Tgv (h)	Ppt (kgf.cm <sup>-2</sup> )	Pext	Qprj (m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> )	Ia* (mm.dia <sup>-1</sup> )	Ia (mm.volta <sup>-1</sup> )
Pivô 1	4,0	585,0	100	122,5	26,0	1,8	0,1	290,0	5,4	7,0
Pivô 2	10,0	415,0	100	130,0	18,0	3,9	0,8	200,0	7,4	6,7
Pivô 3	5,0	370,0	100	125,0	18,0	2,0	0,6	160,0	7,4	6,7
Pivô 4	4,0	300,0	100	90,4	19,0	2,5	1,2	120,0	8,5	8,1
Pivô 5	6,0	280,0	100	113,6	12,0	3,0	1,2	75,0	6,1	3,7
Pivô 6	2,0	205,0	80	81,8	18,0	3,0	0,7	71,0	10,7	9,7
Pivô 7	10,0	357,0	80	100,0	14,3	4,0	-	152,5	7,6	5,5
Pivô 8	15,0	399,6	100	120,0	20,0	2,6	0,3	176,0	7,0	7,0
Pivô 9	5,0	306,0	100	180,9	9,5	4,5	1,4	164,2	11,2	5,3
Pivô 10	8,0	404,0	100	129,5	19,0	4,5	-	205,0	8,0	7,6

\* Tempo de funcionamento – 20 horas/dia; “-” valores não medidos.

**Quadro 3.** Velocidade do vento e umidade relativa do ar medidas durante os testes, coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e de distribuição (CUD) dos sistemas avaliados

Sistema	Veloc. Vento (m.s <sup>-1</sup> )	Umidad. Rel. (%)	CUC (%)	CUD (%)
Pivô 1	0,2	58	66,3	61,8
Pivô 2	1,5	50	89,1	83,4
Pivô 3	1,9	64	76,6	72,4
Pivô 4	1,7	74	80,5	65,7
Pivô 5	1,3	73	85,3	76,5
Pivô 6	4,1	70	80,3	75,3
Pivô 7	1,5	68	86,3	76,9
Pivô 8	3,0	61	86,8	81,9
Pivô 9	1,0	58	82,4	70,0
Pivô 10	1,4	71	88,2	81,0
Média geral	-	-	82,2	74,5

Outra característica observada nas avaliações foi a pressão de serviço insuficiente que chega à extremidade do pivô, cinco de 10 equipamentos apresentando valores inferiores a  $1,0 \text{ kgf cm}^{-2}$ . Nos pivôs 7 e 10 não foi possível medir a pressão em sua extremidade por dificuldades operacionais. Para que os equipamentos atinjam a condição ideal de funcionamento, é necessário que operem com uma pressão no final da linha lateral de, pelo menos,  $1,0 \text{ kgf cm}^{-2}$  a mais do que a pressão de saída da válvula reguladora.

No Quadro 3 mostram-se os valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) dos sistemas avaliados, juntamente com os valores de velocidade do vento e umidade relativa médios no momento do teste.

Os valores médios de velocidade do vento durante os testes variaram de  $0,2$  a  $4,1 \text{ m s}^{-1}$ , sendo que apenas em duas avaliações estes valores superaram os  $2,0 \text{ m s}^{-1}$ . Tarjuelo Martín-Benito (1995) afirma que sistemas de irrigação com linha lateral em movimento sofrem menor influência do vento quando comparados aos outros sistemas de irrigação por aspersão. Isto se deve ao fato da linha lateral ocupar infinitas posições durante a irrigação e de o espaçamento entre aspersores neste tipo de sistema ser bastante reduzido. Em contrapartida, o mesmo autor afirma que neste tipo de equipamento os aspersores ficam muito altos, sendo este fato uma desvantagem quando se irriga sob condições de ventos fortes. Já os valores de umidade relativa variaram de 50 a 74%, sendo que em três avaliações, 30% dos casos, eles estavam abaixo de 60%, podendo ser considerados valores baixos que favorecem as perdas por evaporação.

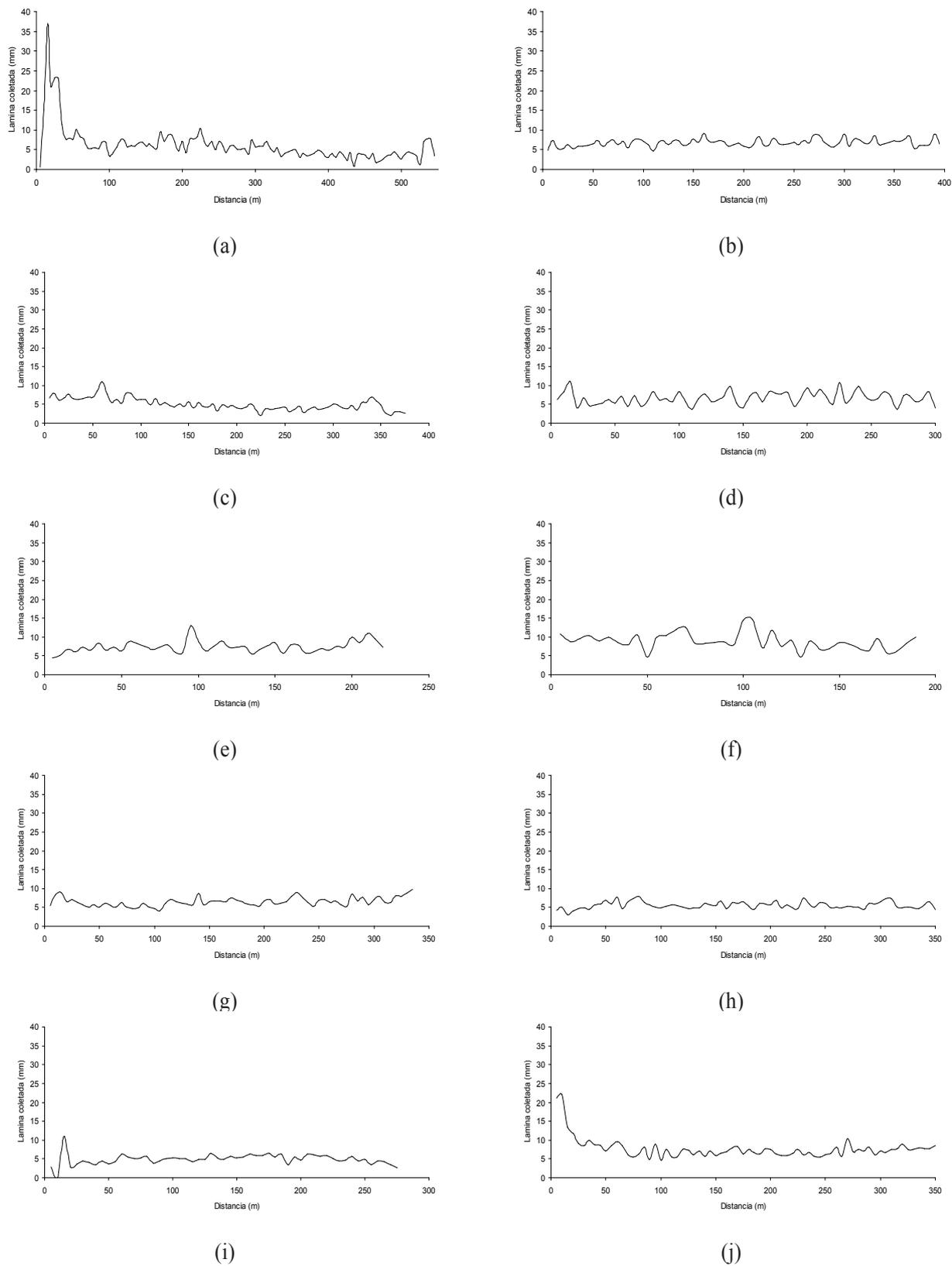
Entre os dez pivôs avaliados, apenas três deles, 30% dos casos, apresentaram uniformidade de aplicação de água abaixo do recomendado. Em sistemas por pivô central, o CUC recomendado está na faixa de 80 a 85% para culturas com sistema radicular profundo, caso do cafeeiro (BERNARDO et al, 2006), e o CUD recomendado está acima de 70% (BERNARDO, 1995). Dos três pivôs que apresentaram problemas de uniformidade, apenas o pivô 1 apresentou os dois coeficientes abaixo do recomendado, pois o

pivô 3 apresentou apenas o CUC inadequado. Já o pivô 4 apresentou CUC adequado e apenas o CUD com valor abaixo do recomendado. Apesar disto, a média geral do CUC foi 82,2% e do CUD próximo a 75%. Estas faixas de valores obtidos são concordantes com valores encontrados por Bonomo (1999) e também por Furukawa (1991), que trabalharam com este tipo de equipamento em Minas Gerais e Goiás, respectivamente. Valores semelhantes também encontrados por Santos (1988) trabalhando com pivô central de baixa pressão no Triângulo Mineiro, que encontrou, em geral, valores de CUC acima de 80% e de CUD acima de 75%.

O pivô 1, que apresentou os menores valores de uniformidade de irrigação, 66,3 % e 61,8 %, respectivamente, para CUC e CUD, também apresentou a menor pressão na extremidade do equipamento ( $0,1 \text{ kgf cm}^{-2}$ ), assim como o pivô 3. Isso mostra que pode existir uma relação entre as duas variáveis analisadas. No entanto, o pivô 8, apesar de ter trabalhado com a segunda menor pressão ( $0,3 \text{ kgf cm}^{-2}$ ), apresentou a segunda maior uniformidade, 86,8 % e 81,9 %, para CUC e CUD, respectivamente.

Observa-se também que, em todas as avaliações realizadas, o valor do CUC é maior do que o valor de CUD, o que já era esperado, uma vez que o segundo coeficiente dá um tratamento mais rigoroso aos problemas de distribuição que ocorrem ao longo da linha do pivô.

Na Figura 1 apresentam-se os perfis de distribuição de água dos pivôs centrais avaliados. Pode-se observar na Figura 1a, referente ao pivô central 1, a distribuição deficiente deste sistema, já comprovada pelos baixos valores de coeficientes de uniformidade encontrados (Quadro 3). Estes resultados já eram esperados, uma vez que, no momento da avaliação de campo, foi observada precária condição de conservação do equipamento em questão, com vários aspersores entupidos, outros quebrados e inúmeros vazamentos, apesar de ser um equipamento relativamente novo (4 anos). Tais problemas implicaram uma queda de pressão acentuada ao longo da tubulação, o que acarretou na diminuição das lâminas coletadas à medida que se afastavam do



**Figura 1.** Perfis de distribuição de lâminas coletadas ao longo da linha lateral de 10 sistemas de irrigação por pivô central.

ponto pivô (Quadro 2).

Na Figura 1b, referente ao pivô 2, pode-se observar a excelente distribuição de água feita por este sistema, apresentando o maior coeficiente de uniformidade encontrado dentre todas as avaliações realizadas (Quadro 3). Torna-se importante ressaltar que este equipamento tem dez anos de idade, mostrando, assim, que um bom trabalho de manutenção viabiliza a utilização deste tipo de sistema de maneira satisfatória por um longo período.

O perfil de distribuição de água do pivô 3, representado na Figura 1c, apresentou os coeficientes de uniformidade com resultados apenas razoáveis. Pode-se observar na figura em questão, a tendência da diminuição das lâminas que foram coletadas à medida que se afastava do ponto pivô. Este fato pode ser explicado pelos valores baixos de pressão de serviço no ponto pivô e na extremidade do equipamento.

O equipamento denominado pivô 4, cujo perfil de distribuição de água está apresentado na Figura 1d, apresentou o CUC com um valor considerado bom e o CUD com valor abaixo do aceitável. Apesar de o equipamento ter boa pressão de serviço tanto no ponto pivô quanto em sua extremidade, estes resultados foram devidos a aspersores parcialmente entupidos, colocados em posição errada e/ou trocados por outros não similares aos originais além de problemas de regulação de pressão em alguns pontos ao longo da tubulação.

Os pivôs 5 e 6, com os perfis de distribuição de água representados nas Figuras 1e e 1f, respectivamente, apresentaram bons coeficientes de uniformidade de distribuição de água.

Vale a pena ressaltar que no pivô 5 houve uma tendência de crescimento das lâminas coletadas à medida que se afastava do ponto pivô, explicada pela alta pressão de serviço medida em sua extremidade.

Os pivôs 7 e 8, com os perfis de distribuição de água representados nas Figuras 1g e 1h, respectivamente, também apresentaram bons resultados de uniformidade, apesar da baixa pressão medida no pivô 8. Vale ressaltar nestes dois casos as idades dos equipamentos em questão, com 10 e 15 anos de utilização, respectivamente, mostrando a importância de uma boa manutenção.

O pivô 9 (Figura 1i) apresentou bom valor de CUC, mas apenas um valor aceitável de CUD. Este fato pode ser explicado observando-se o perfil de distribuição de água do equipamento, em que ocorre uma diminuição significativa das lâminas coletadas nas suas extremidades, justamente onde a área irrigada pelo sistema é maior. O pivô 10, cujo perfil de distribuição de água está na Figura 1j, apresentou bons resultados tanto de CUC quanto de CUD, ressaltando mais uma vez a idade do equipamento em questão, com 8 anos de utilização, e um bom trabalho de manutenção realizado.

## CONCLUSÕES

Diante dos resultados encontrados, pode-se concluir que:

- Os valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), nos dez pivôs avaliados, foram em média, superiores a 82%;
- Os valores do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), nos dez pivôs avaliados, foram, em média, superiores a 74%; e
- Dos 30% dos pivôs centrais utilizados na cafeicultura irrigada do norte do Espírito Santo e extremo sul da Bahia, pelo menos um apresentou coeficiente de uniformidade abaixo do mínimo recomendado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14244: **Equipamentos de irrigação mecanizada – Pivô central e lateral móvel provido de emissores fixos ou rotativos: determinação da uniformidade de distribuição de água**. São Paulo, 1998. 11p.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1995. 596p.

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

BONOMO, R. **Análise da irrigação na cafeicultura em áreas de cerrado de Minas**

**Gerais.** 1999. 224 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

BURT, C.M.; CLEMMENS, A.J.; STRELKOFF, T.S.; SOLOMON, K.H.; BLIESNER, R.D.; HARDY, L.A.; HOWELL, T.A.; EISENHAUER, D.E. Irrigation performance measures: efficiency and uniformity. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.123, p.423-442, 1997.

CHRISTIANSEN, J.E. **Irrigation by Sprinkling**. Berkley: University of Califórnia. 1942. 124p. (Bulletin 670).

CHRISTOFIDIS, D. Recursos hídricos dos Cerrados e seu potencial de utilização na irrigação. **Revista ITEM**, n.69/70, p.87-97, 2006.

DADALTO, G.G., PREZOTTI, L.C. Irrigação do café. In: COSTA, E.B.(Coord.). **Manual técnico para a cultura do café no estado do Espírito Santo**. Vitória: SEAG-ES, 1995.

FURUKAWA, C. **Avaliação de Irrigação por Pivô Central na Região de Rio Verde – GO**. 1991. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.

HEERMANN, D.F., HEIN, P.R. Performance characteristics of self-propelled center - pivot sprinkler irrigation system. **Transactions of the ASAE**, n.II (I), p.11-15, 1968.

JENSEN, M.E. **Design and Operation of Farm Irrigation Systems**. St. Joseph, Madison, ASAE, 1983. 829p.

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

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, S.R.; FERNANDES, D.R. **Cultura de café no Brasil – Novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ – Fundação PROCAFÉ, 2002. 387p.

SANTOS, N. C. **Uniformidade de distribuição e eficiência em potencial de aplicação de água em um sistema de irrigação do tipo pivô central, em condições de cerrado**. 1988. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

TARJUELO MARTÍN-BENITO, J. M. **El riego por aspersión y su tecnología**. Madri: Mundi-Prensa, 1995. 491p.