

## **Desempenho de um sistema de irrigação por aspersão durante os períodos diurno e noturno na região sul do Espírito Santo**

*Day and night time performance of a sprinkler irrigation system in the southern region of Espírito Santo*

**Joabe Martins de Souza<sup>1\*</sup>, Lucas Rosa Pereira<sup>2</sup>, Edvaldo Fialho dos Reis<sup>3</sup>, Ariany das Graças Texeira<sup>1</sup>, Anatan da Matta Rafael<sup>4</sup>, Edimar Almeida da Cruz<sup>5</sup>**

**Resumo** - No Estado do Espírito Santo é notório o destaque de todo o sistema agroindustrial do café. No sul do Estado, os projetos de irrigação vêm se consolidando como importante alternativa na modernização e no crescimento da agricultura na região. O desempenho dos sistemas de irrigação tem repercussões diretas na eficiência e na produção, sendo influenciado por fatores de projeto e até mesmo os climáticos. Diante do exposto, objetivou-se avaliar a eficiência e a uniformidade de um sistema de irrigação por aspersão em café Arábica no sul do Estado do Espírito Santo durante os períodos diurno e noturno. Realizou-se o teste de uniformidade de aplicação de água para a determinação dos coeficientes de uniformidade (Christiansen, estatístico e de distribuição) e avaliou-se o manejo da irrigação, comparando-se as lâminas aplicadas pelo irrigante com aquelas necessárias para elevar a umidade do solo à capacidade de campo, avaliados nos dois períodos. Os coeficientes de uniformidade apresentaram-se bons, porém houve irrigação excessiva da área nos dois períodos estudados. O melhor período para se irrigar foi o noturno, com redução da quantidade de água a ser aplicada e obtendo-se maior eficiência do sistema, que foi considerada baixa, necessitando-se do manejo correto da irrigação com base em dados de solo e tempo de irrigação.

**Palavras-chaves** - Café Arábica. Eficiência. Manejo da Irrigação. Uniformidade. Vento.

**Abstract** - In State of the Espírito Santo is notorious the highlight of the entire agribusiness system coffee, in the southern state, irrigation projects have become an important alternative in the modernization and growth of agriculture in this region. The performance of irrigation systems has direct repercussions on efficiency and production, being affected by factors project until climate. Faced the above objective was to evaluate the efficiency and uniformity of a sprinkler irrigation system in Arabica coffee in the southern state of the Espírito Santo during the daytime and nighttime period. Was held teste the uniformity water application for the determination of the coefficients of uniformity (Christiansen, statistical and distribution) and we assessed the irrigation management, comparing the blades applied by irrigating with those needed to raise the humidity soil at field capacity, measured in two periods. The coefficients of uniformity had to be good, but there was an excessive irrigation area in two periods studied. The best time to irrigate was in the nighttime period, with reduction the amount of water to be applied and obtaining higher efficiency of the system, which was considered low, which necessitates the creation of correct irrigation management on the basis of soil data and irrigation time.

**Key words** - Coffee Arabica. Efficiency. Management of Irrigation. Uniformity. Wind.

\*Autor para correspondência.

Enviado para publicação em 14/01/2014 e aprovado em 03/10/2014

<sup>1</sup>Doutorando(a) em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, Brasil, joabenv@gmail.com, arianyteixeira@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Mestrando em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, Brasil, lucasrosapereira@hotmail.com

<sup>3</sup>Professor Associado do Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, Brasil, edreis@cca.ufes.br

<sup>4</sup>Tecnólogo em Cafeicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, Brasil, anatanmrafael@gmail.com

<sup>5</sup>Engenheiro Agrônomo, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, Brasil, edimar.cruz@yahoo.com.br

## Introdução

O Estado do Espírito Santo possui a segunda maior área plantada de café do país, sendo que o sistema agroindustrial do café tem colaborado para a fixação do homem no campo, em função da geração de empregos nos setores antes e após a produção primária.

A irrigação tem contribuído de forma direta para a manutenção da importância dessa atividade na região. Segundo Bonomo *et al.* (2008), a irrigação promove o incremento da produção, já que a produtividade da lavoura é comprometida quando ocorrem períodos críticos de deficiência hídrica durante as fases de floração e frutificação até, aproximadamente, a décima oitava semana após a floração.

A aplicação de determinadas medidas, como, por exemplo, a análise de sistemas de irrigação a campo, contribui para atenuar as perdas que ocorrem durante e após a aplicação de água pelo sistema (MARTINS *et al.*, 2011a).

Os sistemas de irrigação por aspersão devem aplicar água da maneira mais uniforme possível, visto que a desuniformidade de aplicação diminui o retorno econômico e aumenta o impacto ambiental da irrigação, em função da redução na produtividade das culturas irrigadas e do desperdício de água, energia e fertilizantes (FARIA *et al.*, 2009).

Diversos fatores influenciam na uniformidade de distribuição, desde o projeto do sistema até os fatores climáticos, sendo que, na irrigação por aspersão, um dos mais importantes é a velocidade do vento (GUIRRA *et al.*, 2013). Entretanto, os irrigantes não têm dado importância à prática da avaliação do desempenho de sistemas de irrigação (MARTINS *et al.*, 2013).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a eficiência e a uniformidade de um sistema de irrigação por aspersão em café no sul do Estado do Espírito Santo durante os períodos noturno e diurno.

## Material e métodos

O trabalho foi realizado no mês de novembro de 2013 em uma área com cultivo de café Arábica (*Coffea arabica*) com 10 anos de idade localizada na área experimental do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), *campus* de Alegre, no sul do Estado do Espírito Santo, situada sob as coordenadas geográficas 41°32' de longitude oeste e 20°43' de latitude sul. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, caracterizado por inverno seco e verão chuvoso, com

precipitação média anual de 1.400 mm e temperatura média anual entre 28°C. As avaliações foram realizadas em duas condições meteorológicas, período diurno (14h00-15h00) e noturno (19h00-20h00), em três avaliações, e em duas áreas distintas dentro do talhão.

O sistema de irrigação utilizado foi o de aspersão, com aspersores rotativos de média pressão com bocais de 4,8 e 3,2 mm que, segundo as especificações do fabricante, têm diâmetro molhado de 28 a 30 m, com vazão variando de 1,81 a 2,39 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, pressão na base de 196,13 a 343,22 kPa, tendo sido utilizada nas avaliações pressão de 294,19 kPa, a mesma utilizada para irrigação do cafezal, e intensidade de aplicação de 7,4 a 10,8 mm h<sup>-1</sup>, instalados a 3 m da superfície do solo no espaçamento de 18 x 15 m entre aspersores. A área era irrigada quando o operador do sistema verificava, por meio do balanço hídrico climatológico, a necessidade e a quantidade para se irrigar.

Foram coletadas amostras indeformadas e deformadas de solo em 3 pontos (repetições) dentro da área avaliada nas camadas de 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade, para a determinação da densidade do solo, umidade do solo na capacidade de campo (CC - 10 kPa) e no ponto de murcha (PMP - 1.500 kPa), com o auxílio do extrator de Richards, de acordo com a metodologia da Embrapa (1997). Para a determinação da umidade atual, coletaram-se amostras de solo antes de cada avaliação diurna e noturna; posteriormente, as amostras foram levadas à secagem por meio do método-padrão de estufa.

As avaliações da uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação foram realizadas de acordo com a metodologia de Christiansen (1942) citada por Mantovani *et al.* (2009) e consistiram em coletar as precipitações por meio de coletores com diâmetro de 8,0 cm, o que corresponde a uma área de 50,264 cm<sup>2</sup>, instalados em uma malha de pontos sob a área de influência de 4 aspersores (270 m<sup>2</sup>). Para a realização do estudo, a área entre os quatro aspersores avaliados foi dividida em subáreas quadradas de 3 x 3 m. Os coletores foram instalados no centro de cada subárea de forma que a lâmina coletada representasse sua precipitação, totalizando 30 coletores na área avaliada.

Após a montagem da malha de coletores, o sistema de irrigação foi ligado, diariamente, pelo período de uma hora. Os volumes medidos nos coletores (em mL) foram convertidos em lâminas d'água (mm), de acordo com a equação 1. Durante o estudo, mediu-se a vazão dos bocais dos quatro aspersores avaliados. Para a aferição da vazão dos aspersores, foi medido o volume aplicado pelos bocais em um determinado período de tempo, com o auxílio de um recipiente de 17 L, cronômetro, repetindo-se o processo por 3 vezes.

Para a determinação da pressão de serviço do aspersor, foi utilizado um manômetro no bocal de maior diâmetro de cada um dos quatro aspersores avaliados. Foram avaliadas a pressão e a vazão de serviços dos aspersores (equações 2 e 3), conforme Mantovani *et al.* (2009).

$$Lâm = \frac{Lcol}{Ac} \quad (1)$$

$$VPs = \frac{PSmáx - PSmin}{PSmed} \times 100 \quad (2)$$

$$VQs = \frac{Qmáx - Qmin}{Qmed} \times 100 \quad (3)$$

onde: Lâmed = lâmina coletada (mm); Lcol = volume coletado (mL); Ac = área do coletor (cm<sup>2</sup>); VPs = variação da pressão de serviço (%); PSmáx = pressão de serviço máxima (kPa); PSmin = pressão de serviço mínima (kPa); PSmed = pressão de serviço média (kPa); VQs = variação da vazão de serviço (%); Qmáx = vazão máxima (m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup>); Qmin = vazão mínima (m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup>); Qmed = vazão média (m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup>).

A uniformidade de aplicação de água do sistema foi estimada por meio do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) determinados pelas equações 4 e 5, respectivamente descritas por Bernardo *et al.* (2006) e Mantovani *et al.* (2009); o coeficiente estatístico (Us), proposto por Wilcox e Swailes (1947), foi calculado empregando-se a equação 6.

$$CUC = 100 \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |Li - Lm|}{nLm} \right) \quad (4)$$

$$CUD = 100 \frac{Lq_{25\%}}{Lm} \quad (5)$$

$$Us = 100 \left( 1 - \frac{Sd}{Lm} \right) \quad (6)$$

onde: CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen (%); Lm = lâmina média de todas as observações (mm); Li = lâmina obtida no coletor “i” (mm); n = número de coletores; CUD = coeficiente de uniformidade de distribuição (%); Lq<sub>25%</sub> = média de 25%

dos menores valores de lâminas observadas nos coletores (mm); Us = coeficiente de uniformidade estatística (%); Sd = desvio-padrão dos dados de precipitação (mm).

A interpretação dos valores dos coeficientes de uniformidade (CUC, CUD e Us) baseou-se na metodologia apresentada por Mantovani (2001), conforme a Tabela 1.

Por meio dos parâmetros físico-hídricos do solo da área em estudo foi calculada a lâmina de irrigação real necessária (IRN) para elevar a umidade atual do solo à capacidade de campo, utilizando-se a metodologia descrita por Mantovani *et al.* (2009), conforme a equação 7. A profundidade efetiva do sistema radicular das culturas irrigadas para determinação da lâmina de irrigação real necessária foi definida a partir de valores citados por Rena e Guimarães (2000), utilizando-se valores de 0,30 m, pois entende-se que 90% das raízes da cultura irrigada se concentram nessa profundidade. Após a determinação da IRN, definiu-se a lâmina aplicada durante a irrigação por meio da metodologia descrita por Mantovani *et al.* (2009) (equação 8); as perdas por evaporação e arraste do vento foram determinadas pela equação 9.

$$IRN = \left( \frac{CC - Ua}{10} \right) \times Ds \times Z \quad (7)$$

onde: IRN = irrigação real necessária (mm); CC = umidade do solo na capacidade de campo (% em peso); Ua = umidade atual do solo antes da irrigação (% em peso); Ds = densidade do solo (g cm<sup>-3</sup>); Z = profundidade efetiva do sistema radicular (cm).

$$Lapl = \frac{1000 \times Q \times T}{S1 \times S2} \quad (8)$$

onde: Lapl = lâmina aplicada (mm); Q = vazão do sistema (m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup>); T = tempo (h); S1 = espaçamento entre posições ao longo da linha lateral (m); S2 = espaçamento entre linhas laterais (m).

$$Pev + arraste = \frac{Lapl - Lcol}{Lapl} \times 100 \quad (9)$$

onde: Pev+ar = perdas por evaporação e arraste (%); Lapl = lâmina aplicada durante a irrigação (mm); Lcol = lâmina média coletada (mm).

Determinou-se, também, a lâmina média percolada (Lperc, em mm) (equação 10), a lâmina deficitária (Ldef, em mm) (equação 11), a lâmina armazenada (Larm, em mm) (equação 12), a eficiência de aplicação de água pelo sistema de irrigação (Ea, em %) (equação 13), a perda por percolação (Pper, em %) (equação 14), o coeficiente de déficit (Cd, em %) (equação 15) e a irrigação total necessária (ITN, em mm) (equação 16) por meio da metodologia descrita por Bernardo *et al.* (2006).

**Tabela 1** - Classificação dos valores do desempenho dos sistemas de irrigação por aspersão**Table 1** - Classification of the values of the performance of spray irrigation systems

Classificação	CUC (%)	CUD (%)	Us (%)
Excelente	>90	>84	90–100
Bom	80–90	68–84	80–90
Razoável	70–80	52–68	70–80
Ruim	60–70	36–52	60–70
Inaceitável	<60	<36	<60

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen; CUD = coeficiente de uniformidade de distribuição; Us = coeficiente estatístico.

CUC = Christiansen uniformity coefficient; CUD = coefficient of uniformity of distribution; Us = statistical coefficient.

$$L_{perc} = \frac{\sum_{i=1}^n (Li - IRN)}{n} \quad \text{quando } (Li - IRN) > 0 \quad (10)$$

$$P_{per} = 100 \left( \frac{L_{per}}{L_{apl}} \right) \quad (14)$$

$$L_{def} = \frac{\sum_{i=1}^n (Li - IRN)}{n} \quad \text{quando } (Li - IRN) < 0 \quad (11)$$

$$C_d = 100 \left( \frac{L_{def}}{IRN} \right) \quad (15)$$

$$L_{arm} = IRN - L_{perc} \quad (12)$$

$$E_a = 100 \frac{L_{arm}}{L_{apl}} \quad (13)$$

$$ITN = \frac{IRN + (P_{ev} + ar)}{E_a} \quad (16)$$

onde: Li = lâminas coletadas, mm; n = número de aspersores avaliados.

Os dados meteorológicos (Tabela 2) foram coletados de uma estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada a 700 m da área de estudo.

**Tabela 2** - Dados meteorológicos médios dos dois períodos em estudo**Table 2** - Average meteorological data from the two periods under study

Período da avaliação	Hora	Temperatura do ar (°C)			Umidade relativa do ar (%)			Velocidade do vento (m s <sup>-1</sup> )	Precipitação (mm)
		Máx.	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.		
Noturno	19h00 - 20h00	24,4	23,0	23,7	86,0	77,0	81,5	1,85	0,00
Diurno	14h00 - 15h00	28,0	25,8	26,9	68,0	58,5	63,3	2,20	0,00

## Resultados e discussão

As características do solo da área de avaliação estão apresentadas na Tabela 3. Pode-se observar maior densidade do solo na camada de 0,00-0,20 m, devido ao manejo do solo do cultivo anterior (horticultura), que era realizado com gradagem e aração, o que proporcionou compactação da camada superficial. A densidade do solo influencia a IRN porque afeta a porosidade total.

O solo apresenta uma maior capacidade de retenção de água na camada de 0,20-0,40 m, o que proporciona, conseqüentemente, maior volume de poros nessa camada.

Na avaliação do sistema foi constatada pressão de serviço de 294,19 kPa em todos os aspersores, devido à pequena extensão da linha lateral e também à ausência de vazamentos nas tubulações. As vazões apresentaram-se diferentes, sendo que a variação de vazão de serviço

(VQs) do aspersor foi de 6,77%, a vazão média dos aspersores foi de 2,13 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, mantendo-se próxima a vazão especificada pelo fabricante (2,20 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>) (Figura 1), devido a não variação de pressão entre os aspersores, já que, segundo Alencar *et al.* (2009), diferentes pressões de serviço resultam em diferentes vazões no sistema.

As lâminas médias coletadas durante o período de avaliação do sistema, nas duas condições estudadas, estão apresentadas na Tabela 4, na qual percebe-se um desvio-padrão de 1,69 e 1,47 mm entre as lâminas coletadas para os períodos noturno e diurno, respectivamente. As lâminas máxima e mínima também foram próximas nos dois

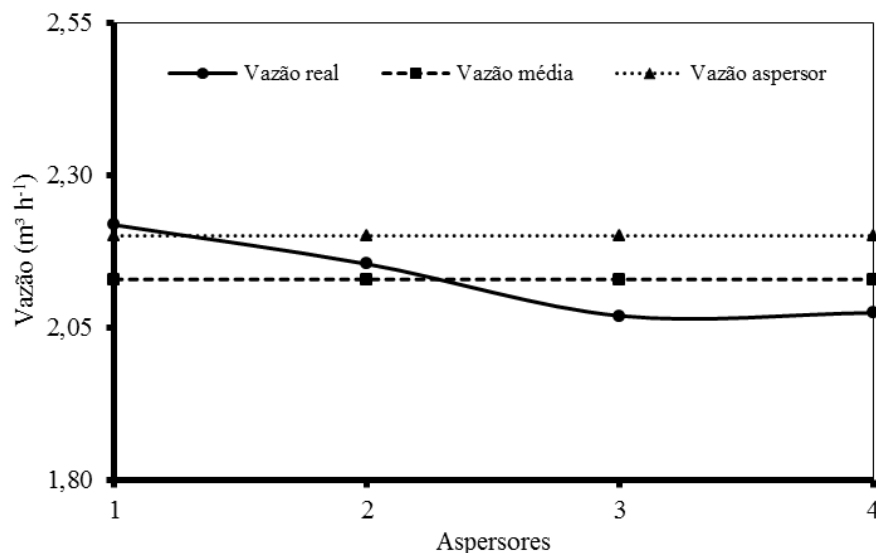
**Tabela 3** - Características físico-hídricas do solo

**Table 3** - Physical-Hydro characteristics of the soil

Profundidade (m)	Ds (g cm <sup>-1</sup> )	CC (%)	PMP (%)	Ua (%)*		VTP (%)
				Noturno	Diurno	
0,00-0,20	1,65	20,50	16,60	18,50	16,80	36,41
0,20-0,40	1,51	23,60	18,20	19,10	17,80	40,63

Ds = densidade do solo; CC = capacidade de campo; PMP = ponto de murcha; VTP = volume total de poros; Ua = umidade atual; \*% peso.

Ds = soil density; CC = field capacity; PMP = wilting point; VTP = total pore volume; Ua = current humidity; \*% weight.



**Figura 1** - Distribuição da vazão dos aspersores avaliados

**Figure 1** - Distribution of the outflow of the sprinklers evaluated

períodos. Essa semelhança entre os dois períodos pode ser explicada devido à operação do sistema próximo ao recomendado pelo fabricante e à baixa variação de vazão dos aspersores, proporcionando, com isso, distribuição de água mais uniforme.

A pequena variação encontrada nas lâminas pode ser atestada pelos valores do CUC e do CUD, que foram classificados, de acordo com Mantovani (2001), como bons para os dois períodos estudados. Já o Us foi classificado como razoável (Tabela 5), devido ao alto

desvio-padrão das lâminas coletadas: 1,69 e 1,47 mm para os períodos noturno e diurno, respectivamente (Tabela 4). A área adequadamente irrigada (ED80) é de 80,04% para o noturno e de 77,05% para o diurno, ou seja, 80% da área receberá uma lâmina igual ou maior a 80,04% da lâmina média aplicada no período noturno e 77,05% da lâmina média aplicada no período diurno. Para esse sistema aplicar uma lâmina de 1,0 unidade, é necessário aplicar 1,25 (1,0/0,8004) unidades, após descontarem-se as perdas por evaporação e arrastamento pelo vento, no período noturno e 1,30 unidades no período diurno.



**Tabela 4** - Estatística descritiva das lâminas coletadas nos períodos noturno e diurno**Table 4** - Descriptive statistics of blades collected in nighttime and daytime

Período	Lâminas (mm)			Variância	Desvio-padrão
	Máx.	Mín.	Média		
Noturno	9,75	4,58	7,75	2,87	1,69
Diurno	10,74	4,97	7,21	2,17	1,47

**Tabela 5** - Coeficientes de uniformidade de irrigação e área adequadamente irrigada para os dois períodos estudados**Table 5** - Uniformity coefficient of irrigation and adequately irrigated area for the two periods studied

Período	Coeficientes (%)			ED80
	CUC	CUD	US	
Noturno	81,50	71,63	78,10	80,04
Diurno	83,10	76,24	79,53	77,05

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen; CUD = coeficiente de uniformidade de distribuição; Us = coeficiente estatístico; ED80 = área adequadamente irrigada.

CUC = Christiansen uniformity coefficient; CUD = coefficient of uniformity of distribution; Us = statistical coefficient; ED80 = adequately irrigated area.

De acordo com Bernardo *et al.* (2006), projetos de irrigação por aspersão devem apresentar coeficientes de uniformidade da ordem de 75 a 90%, o que resultaria em boa distribuição espacial de água e, conseqüentemente, maior uniformidade da lavoura, o que foi observado no sistema avaliado, no qual 81,50 e 83,10% da área está recebendo uma lâmina maior ou igual à lâmina média de aplicação para os períodos noturno e diurno, respectivamente.

Pode-se verificar que o vento não influenciou os coeficientes de uniformidade para este estudo, já que o CUC e o CUD para os dois períodos foram próximos entre si. Resultados semelhantes foram encontrados por Paulino *et al.* (2009), que verificaram que a velocidade do vento durante a realização da avaliação dos sistemas por aspersão convencional foi relativamente estável entre os períodos diurno e noturno, não sendo possível detectar efeitos sobre os coeficientes de uniformidade. Saraiva *et al.* (2013) verificaram variação de CUC passando de 88,15 para 80,76% quando a velocidade de vento aumenta de 1,90 para 2,51 m s<sup>-1</sup>, respectivamente.

De acordo com a Tabela 6, a lâmina aplicada (L<sub>mapl</sub>) foi superior à IRN. Pode-se observar que no período noturno houve irrigação excessiva, o que proporcionou lâmina percolada (L<sub>perc</sub> = 4,23 mm) maior do que no período diurno (2,21 mm), que teve Cd igual a zero. Esse resultado foi devido ao fato de que no período noturno a IRN foi menor do que no período diurno, proporcionando perdas por percolação de 53,69%, desperdício de água e de energia. Diferindo dos resultados

obtidos por Souza *et al.* (2008), que a L<sub>mapl</sub> foi inferior à lâmina real necessária, indicando que a irrigação foi deficitária.

A lâmina coletada no período noturno foi próxima à aplicada (Figura 2), devido a menor perda por evaporação e arraste do vento (1,74%), ao contrário do período diurno, que apresentou perdas de 8,56% por evaporação e arraste (Tabela 6).

Quanto à eficiência de aplicação de água (E<sub>a</sub>), verificou-se que o projeto tem eficiência de 44,56% para o noturno e 36,39% para o diurno, resultado que proporcionou maior lâmina armazenada no período noturno em relação ao diurno (Tabela 6). A E<sub>a</sub> é obtida pela relação entre a quantidade de água armazenada no sistema radicular e a quantidade de água aplicada. O valor encontrado está abaixo do recomendado pela literatura (de 75 a 85%) para sistemas de irrigação por aspersão (BERNARDO *et al.*, 2006).

Observa-se na Tabela 6 que o valor de ITN para o período noturno é aproximadamente a metade do diurno, devido às perdas por evaporação e arraste pelo vento que ocorrem no período diurno, já que seu cálculo leva em consideração as perdas por evaporação e arraste e a eficiência do sistema.

Esses resultados indicam, conforme Martins *et al.* (2011b), que os cafeicultores irrigantes devem realizar o manejo da irrigação com aplicação de lâminas visando o momento atual e futuro, verificando se há a necessidade ou não de elevar o teor de umidade do solo à capacidade de

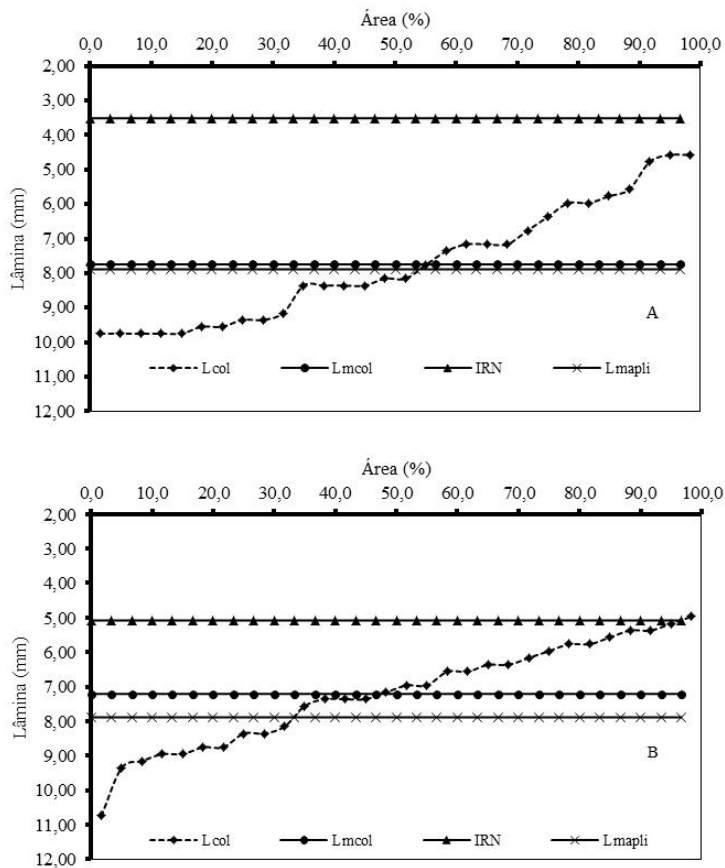
**Tabela 6** - Valores da irrigação real necessária, lâmina média aplicada, lâmina média coletada, perdas por evaporação e arraste, lâmina percolada, lâmina deficitária, lâmina armazenada na zona radicular, eficiência de aplicação, perdas por percolação, coeficiente de déficit e irrigação total necessária nos períodos noturno e diurno

**Table 6** - The real values necessary irrigation, blade average applied, blade average collected, evaporative losses and drag, percolated blade, deficit blade, blade stored in the root zone, application efficiency, loss by percolation, deficit coefficient and total irrigation necessary in nighttime and daytime periods

Período	IRN (mm)	Lmapl (mm)	Lmcol (mm)	Pev+ar (%)	Lperc (mm)	Ldef (mm)	Larm (mm)	Ea (%)	Pper (%)	Cd (%)	ITN (mm)
Noturno	3,51	7,88	7,75	1,74	4,23	0,00	3,51	44,56	53,69	0,00	8,02
Diurno	5,08	7,88	7,21	8,56	2,21	0,10	2,87	36,39	28,02	2,04	15,15

IRN = irrigação real necessária; Lmapl = lâmina média aplicada; Lmcol = lâmina média coletada; Pev+ar = perdas por evaporação e arraste; Lperc = lâmina percolada; Ldef = lâmina deficitária; Larm = lâmina armazenada na zona radicular; Ea = eficiência de aplicação; Pper = perdas por percolação; Cd = coeficiente de déficit; ITN = irrigação total necessária. Lcol = lâmina coletada; Lmcol = lâmina média coletada; IRN = irrigação real necessária; Lmapl = lâmina média aplicada.

IRN = values necessary irrigation; Lmapl = blade average applied; Lmcol = blade average collected; Pev+ar = evaporative losses and drag; Lperc = percolated blade; Ldef = deficit blade; Larm = blade stored in the root zone; Ea = application efficiency; Pper = loss by percolation; Cd = deficit coefficient; ITN = total irrigation necessary. Lcol = blade collected; Lmcol = blade average collected; IRN = real irrigation necessary; Lmapl = blade average applied.



**Figura 2** - Relação entre irrigação real necessária, lâmina coletada, lâmina média coletada e lâmina média aplicada em dois períodos, noturno (A) e diurno (B)

**Figure 2** - Relation between real irrigation necessary, blade collected, blade average collected and blade average applied in two periods, nighttime (A) and daytime (B)

campo durante o ciclo da cultura irrigada, para evitar que a irrigação seja excessiva ou deficitária. Isso porque tanto o excesso quanto o déficit de água no solo causam prejuízos a agricultura. A irrigação em excesso pode promover a degradação do solo por meio da erosão hídrica, lixiviação de nutrientes.

## Conclusões

Os coeficientes de uniformidade apresentaram-se adequados para os períodos diurno e noturno;

A irrigação durante o período noturno reduziu a quantidade de água a ser aplicada e obteve maior eficiência do sistema de irrigação;

O sistema de irrigação avaliado apresentou baixos valores da eficiência de aplicação, necessitando de manejo correto da irrigação com base nos dados de solo e no tempo de irrigação.

## Literatura científica citada

- ALENCAR, C. A. B.; CUNHA, F. F.; MARTINS, C. E.; CÓSER, A. C.; ROCHA, W. S. D.; ARAÚJO, R. A. S. Irrigação de pastagem: atualidades e recomendações para uso e manejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 98-108, 2009.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.
- BONOMO, R.; OLIVEIRA, L. F. C.; SILVEIRA NETO, A. N.; BONOMO, P. Produtividade de cafeeiros arábica irrigados no cerrado goiano. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 4, p. 233-240, 2008.
- CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by Sprinkling**. Berkeley: California Agricultural Station, 1942. 124 p. Bulletin, 670.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p.
- FARIA, L. C.; COLOMBO, A.; OLIVEIRA, H. F. R.; PRADO, G. Simulação da uniformidade da irrigação de sistemas convencionais de aspersão operando sob diferentes condições de vento. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 1, p. 19-27, 2009.
- GUIRRA, A. P. P. M.; AZNINI, J. R.; SILVA, E. R. Desempenho do aspersor NaanDanJain 435 em função da posição do refletor. **Científica**, v. 41, n. 1, p. 21-32, 2013.
- MANTOVANI, E. C. **AVALIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada**. Viçosa: UFV, 2001.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação, princípios e métodos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2009. 355 p.
- MARTINS, C. L.; BUSATO, C.; SILVA, S. F.; RODRIGUES, W. N.; REIS, E. F. Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação no sul do Estado do Espírito Santo. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 7, n. 2, p. 236-241, 2013.
- MARTINS, C. A. S.; REIS, E. R.; GRACIA, G. O.; RIGO, M. M.; ARAUJO, G. L. Análise de sistemas de irrigação por aspersão convencional no sul do estado do Espírito Santo, Brasil. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 5, n. 3, p. 235-244, 2011a.
- MARTINS, C. A. S.; REIS, E. F.; PASSOS, R. R.; GRACIA, G. O. Desempenho de sistemas de irrigação por aspersão convencional na cultura do milho (*Zea mays* L.). **Idesia**, v. 29, n. 3. p. 65-74, 2011b.
- PAULINO, M. A. O.; FIGUEIREIDO, P. F.; FERNANDES, R. C.; MAIA, J. T. L. S.; GUILHERME, D. O.; BARBOSA, F. S. Avaliação da uniformidade e eficiência de aplicação de água em sistemas de irrigação por aspersão convencional. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 3, n. 2, p. 48-54, 2009.
- RENA, A. B.; GUIMARÃES, P. T. G. **Sistema radicular do cafeeiro: estrutura, distribuição, atividade e fatores que o influenciam**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2000. 80 p.
- SARAIVA, G. S.; BONOMO, R.; SOUZA, J. M. Perdas de água por evaporação e arraste pelo vento, em sistemas de aspersão fixa, norte do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 7, n. 4, p. 235-247, 2013.
- SOUZA, E. A. M. de; SOUZA, P. C.; BOAS, M. A. V. Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação por aspersão convencional fixo e gotejamento em vila rural. **Irriga**, v. 13, n. 1, p. 47-62, 2008.
- WILCOX, J. C.; SWAILES, G. E. Uniformity of water distribution by some under tree orchard sprinklers. **Scientific Agricultural**, v. 27, p. 565-583, 1947.