

PORCENTAGEM DE ÁREA E VOLUME DE SOLO MOLHADO NA IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUPERFICIAL

C.E. MAIA¹, V. da S. LACERDA²

RESUMO: O conhecimento da porcentagem de área molhada e do perfil de molhamento do solo é necessário para o dimensionamento e manejo da irrigação localizada. O objetivo deste trabalho foi avaliar a porcentagem da área e volume molhado na irrigação por gotejamento superficial em três solos do Agropolo Mossoró-Açu. Os resultados obtidos mostraram que para os solos avaliados que apenas para as maiores vazão e tempo de aplicação de água (8 L h⁻¹ e 7 h) foram observadas os valores mínimos da porcentagem de área molhada mínima de 33% e que, a porcentagem do volume molhado foi inferior a porcentagem de área molhada para todos os solos em aproximadamente 36%.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem de água e solo. Infiltração de água no solo. Manejo da irrigação.

Wetted area and volume percentage in surface drip irrigation

SUMMARY: The knowledge of the wetted area and volume percentage of the soil is necessary for the design and management of irrigation. The objective of this study was to evaluate the wetted area and volume percentage in surface drip irrigation in three soils of Agropolo Mossoró-Açu. The results showed that for soils evaluated only for the largest flow and timing of water application (8 h L⁻¹ and 7 h) were observed, the recommended minimum value for wetted area percentage will be 33% and the wetted volume percentage was less than the wetted area percentage for all soils in approximately 36%.

KEYWORDS: Water and soil modeling. Soil water infiltration. Irrigation management.

INTRODUÇÃO

O conhecimento da porcentagem de área molhada e do perfil de molhamento do solo é necessário para o dimensionamento e manejo da irrigação localizada, uma vez que afetam a

¹ Eng^o. Agrônomo, Prof. Doutor, Departamento de Ciências Ambientais, UFERSA, Mossoró-RN, celsemy@ufersa.edu.br

² Eng^a Agrônoma, Doutoranda do Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal. Universidad de Valladolid. ETS Ingenierías Agrarias. Avda. Madrid, 57. 34004- Palencia, España. vivi.esam@hotmail.com

produção da cultura e o crescimento, tanto do sistema radicular quanto da parte aérea. A porcentagem de área molhada e o perfil de molhamento do solo variam em função do tipo de solo, do tipo de emissor, do espaçamento entre emissores e da vazão do emissor do tempo de aplicação de água e da lâmina de água aplicada. Bieloraí (1982) estudou os efeitos da porcentagem de área molhada (PAM) sobre a produção, eficiência do uso da água e qualidade do fruto, em “pomelo” irrigado por gotejamento e aspersão, em Negev, Israel. A maior produtividade ($192,6 \text{ kg.planta}^{-1}$) foi obtida nas plantas irrigadas com PAM igual a 40%, repondo-se 100% das necessidades hídricas das plantas. A quantidade de água aplicada afetou também a qualidade final dos frutos.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a porcentagem da área molhada e a porcentagem do volume de solo molhado na irrigação por gotejamento superficial em três solos do Agropolo Mossoró-Açu.

MATERIAL E MÉTODOS

A região do estudo é caracterizada, segundo a classificação de Köppen, como BSw_h, isto é, seco, muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono, apresentando temperatura média anual de $27,4^{\circ}\text{C}$, precipitação pluviométrica anual bastante irregular, com média de 673,9 mm, e umidade relativa de 68,9% (Carmo Filho et al., 1991). Foram selecionados três solos para o referido estudo classificados como Luvisolo Crômico, Argissolo Vermelho-Amarelo e Cambissolo Háplico. Os solos foram preparados de forma a simular as reais condições de plantio. Para o estudo, as diferentes vazões foram obtidas pelos diferentes comprimentos dos microtubos inseridos na tubulação de polietileno. O espaçamento entre os emissores foi para que não houvesse sobreposição. Os experimentos foram instalados em delineamento em blocos inteiramente casualizados, no esquema de parcela subdividida, com três repetições, cujos tratamentos foram compostos pelos fatores tempo de aplicação de água (1, 2, 4 e 8 L h^{-1}) e vazão do emissor (1, 2, 4 e 8 L h^{-1}), sendo o tempo, a parcela e a vazão, a subparcela. Para cada vazão, imediatamente após os tempos estudados, foram abertas trincheiras no centro do bulbo molhado, abaixo do emissor, onde se realizou as medições das dimensões do bulbo com fita métrica. Para avaliar o efeito da vazão do emissor e do tempo de aplicação de água na formação do bulbo molhado avaliaram-se as seguintes características: diâmetro superficial (D_s), diâmetro máximo (D_{max}), profundidade máxima (Z_{max}) e profundidade onde se verificou D_{max} (Z_{Dmax}). Com base no

diâmetro máximo, calculou-se a porcentagem de área molhada (*PAM*) pelo emissor, levando-se em consideração o espaçamento entre laterais (E_L) e entre emissores (E_E) de 2,0 m e D_{max} , respectivamente, para que não houvesse sobreposição dos bulbos, segundo metodologia proposta por Dandy & Hassanli (1996). O volume de solo molhado (V_{SM}) para os cálculos foi obtido pela metodologia do volume da elipse truncada (Zur, 1996). O fator de disponibilidade de água (f) utilizado foi de 0,35, e a capacidade de campo (CC) foi obtida substituindo na curva de retenção de água a tensão referente ao ponto de inflexão da mesma e o ponto de murcha permanente (PMP) usando a tensão equivalente a 1,5 MPa. O valor da capacidade de campo, do ponto de murcha permanente e da densidade do solo usadas nos cálculos foi a média ponderada, tendo como peso a espessura de cada camada. A porcentagem de volume molhado (*PVM*) foi calculada por $PVM = 100 \frac{V_{SM}}{Z_{max} \cdot E_E \cdot E_L}$. Considerando o espaçamento entre emissores igual a D_{max} , estimou-se a porcentagem de área molhada (PAM_e) e a porcentagem de volume molhado (PVM_e) pelas equações $PAM_e = 9,7 \cdot (t \cdot q)^{1/3}$ e $PVM_e = 7 \cdot (t \cdot q)^{1/3}$, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a *PAM* os valores da Tabela 1 estão abaixo do recomendado de, no mínimo, 33% para regiões áridas (Keller e Bliesner, 1990, Silva, 1996), sendo que os 33% mínimos apenas foram observados para as maiores vazão e tempo de aplicação de água, ou seja, com t de 7 h e q de 8 L h⁻¹. Isso provavelmente se deve ao preparo do solo antes dos testes de campo, desestruturando o mesmo que, passaram a funcionar como se fossem de textura arenosa, fato comprovado pelos altos valores de condutividade hidráulica. Na camada superficial, a característica de solo arenoso dificulta a expansão do D_{max} , diminuindo a área molhada e, conseqüentemente, a *PAM*, apesar de $D_{max} > Z_{max}$, porém o preparo do solo foi realizado apenas na camada até 30 cm e, a camada subjacente a esta, como não sofreu alteração, pode ter contribuído para o aumento de D_{max} em relação a Z_{max} . Thornburn et al. (2003) comentam que apenas a textura não controla a expansão do bulbo e que esta também sofre influência da estrutura. Comentam ainda dos cuidados com as condições do solo antes dos testes de campo, como as condições do experimento, camadas compactadas ou condições da camada superficial, que podem afetar as dimensões do bulbo. Além disso, existem críticas à metodologia clássica para o cálculo da *PAM*. Para Abreu (1979) a metodologia proposta por Keller & Karmeli (1974)

pode apresentar problema, principalmente para culturas com espaçamento entre plantas maiores e comenta sobre a falha do método nas Ilhas Canárias com a cultura da banana, que para maior eficiência do uso da água, modificaram os cálculos da *PAM* para $PAM' = PAM \cdot \frac{ASP}{AP}$, com *ASP* e *AP* sendo a área sombreada pela planta e a área ocupada por uma planta, respectivamente. Quanto maior a densidade de plantas, mais os valores de *PAM* e *PAM'* se aproximam. Desta maneira, segundo o autor, resolveram o problema com espaçamento e idade das plantas.

Bresler (1977) verificou que em solos arenosos, mesmo para altos valores de *q* e *t* o D_{max} destes solos não ultrapassam os 60 cm. Considerando o espaçamento das laterais de 2 m, como utilizado para o cálculo de *PAM*, encontra-se um valor de área molhada de 0,2827 m² e *PAM* de 23,56%, inferior aos 33% mínimos exigidos para as regiões áridas. Como solução, pode-se diminuir o espaçamento entre as laterais ou aumentar a frequência de irrigação. Para atingir os 33%, o espaçamento entre laterais teria que ser de 1,43 m. Silva (1996) comenta que, aumentando a *PAM* implica um maior volume de solo explorado pelas raízes; por outro lado, implica um maior número de emissores por planta, maior vazão do sistema e, conseqüentemente, maior diâmetro das tubulações que conduzem a água até a área, aumentando o custo do equipamento.

Em um projeto de irrigação é necessário estabelecer o volume mínimo de solo a ser umedecido, que pode ser substituído pela área molhada, por facilidade de obtenção. Apesar dos cálculos para o dimensionamento e manejo da irrigação levar em consideração a área molhada, o principal fator que influencia no fornecimento de água para as plantas é o volume molhado, volume esse, onde as raízes exploram o solo em busca de água e nutrientes. Sendo assim, se determinou a porcentagem do volume molhado (*PVM*), onde se observa que foi inferior a *PAM*, sendo este último superior, em média para todos os solos, em aproximadamente 36%. Porém para um fator de disponibilidade de água de 0,35, muitas combinações de *q* e *t* armazenam no solo mais de 10 mm de água disponível para as plantas, quantidade de água suficiente para se fazer uma irrigação diária na maioria das áreas cultivadas, considerando que a *ETc* em regiões áridas é de, no máximo 8 mm e uma eficiência mínima de 80%. O que chama a atenção é a baixa capacidade de armazenamento de água para o Cambissolo Háplico, mas se explica pelos valores de *CC* e *PMP* deste solo, que foram de 0,3841 e 0,1860 m³ m⁻³, respectivamente, tendo assim apenas 0,1981 m³ m⁻³ de água disponível.

Tabela 1. Porcentagem de área molhada (*PMA*), porcentagem de volume molhado (*PVM*), lâmina de água disponível para as plantas (*LAD*), porcentagem de área molhada estimada (*PMA_e*) e porcentagem de volume molhado estimado (*PVM_e*) em função do tempo de aplicação de água e vazão do emissor para o Luvissole Crômico, Argissolo Vermelho-Amarelo e Cambissolo Háplico

Solo	Tempo (h)	Vazão (L h ⁻¹)	PAM	PVM	LAD (mm)	PAM _e	PVM _e
Luvissole Crômico	1	1	9,913	7,010	2,053	9,700	7,000
	1	2	13,331	9,867	3,853	12,221	8,945
	1	4	15,660	11,645	5,684	15,398	11,271
	1	8	19,238	14,294	8,373	19,400	14,200
	2	1	12,404	9,190	3,589	12,221	8,945
	2	2	15,829	11,866	5,792	15,398	11,271
	2	4	19,413	14,559	9,949	19,400	14,200
	2	8	23,292	17,322	13,529	24,442	17,891
	4	1	14,719	11,038	5,388	15,398	11,271
	4	2	18,342	13,756	9,401	19,400	14,200
	4	4	23,729	17,568	13,721	24,442	17,891
	4	8	29,684	21,895	21,375	30,796	22,541
	7	1	16,535	12,353	7,236	18,555	13,582
	7	2	21,820	16,136	12,602	23,378	17,112
	7	4	29,015	21,534	25,228	29,455	21,560
	7	8	35,739	26,708	36,503	37,111	27,164
Argissolo Vermelho-Amarelo	1	1	10,004	7,314	2,959	9,700	7,100
	1	2	12,458	9,338	3,778	12,221	8,945
	1	4	15,979	11,979	7,270	15,398	11,271
	1	8	17,796	13,284	10,749	19,400	14,200
	2	1	12,218	9,105	3,684	12,221	8,945
	2	2	15,325	11,463	6,957	15,398	11,271
	2	4	19,901	14,914	12,069	19,400	14,200
	2	8	23,922	17,942	18,149	24,442	17,891
	4	1	15,521	11,629	7,058	15,398	11,271
	4	2	18,581	13,849	11,207	19,400	14,200
	4	4	26,429	19,385	19,217	24,442	17,891
	4	8	27,334	20,497	29,026	30,796	22,541
	7	1	18,147	13,572	9,610	18,555	13,582
	7	2	23,248	17,082	17,279	23,378	17,112
	7	4	32,757	23,588	28,632	29,455	21,560
	7	8	37,041	27,543	50,149	37,111	27,164
Cambissolo Háplico	1	1	9,154	6,801	0,828	9,700	7,100
	1	2	12,145	8,425	1,415	12,221	8,945
	1	4	15,397	11,228	2,357	15,398	11,271
	1	8	17,810	12,852	3,777	19,400	14,200
	2	1	11,956	8,783	1,328	12,221	8,945
	2	2	15,745	11,609	2,340	15,398	11,271
	2	4	20,565	14,788	3,726	19,400	14,200
	2	8	25,628	18,649	7,047	24,442	17,891
	4	1	15,091	11,318	1,901	15,398	11,271
	4	2	20,263	15,076	4,431	19,400	14,200
	4	4	25,659	19,163	7,242	24,442	17,891
	4	8	28,785	21,464	11,717	30,796	22,541
	7	1	17,869	13,219	3,663	18,555	13,582
	7	2	24,323	18,114	6,845	23,378	17,112
	7	4	29,976	22,477	11,892	29,455	21,560
	7	8	37,723	27,678	15,341	37,111	27,164

Keller & Karmeli (1974) propõem uma tabela, amplamente divulgada na literatura, contendo valores estimados de *PAM* em função da vazão do emissor, textura do solo e do espaçamento entre linhas laterais. Para solo de textura grossa (arenoso) para espaçamento de 2 m entre laterais os valores de *PAM* são de 15%, 20%, 40% e 60% para vazões dos emissores de 1, 2, 4 e 8 L h⁻¹. Porém, os valores obtidos por Keller & Karmeli (1974) foram para lâmina de 40 mm.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostraram que para os solos avaliados que apenas para as maiores vazão e tempo de aplicação de água (8 L h⁻¹ e 7 h) foram observadas os valores mínimos da porcentagem de área molhada mínima de 33% e que, a porcentagem do volume molhado foi inferior a porcentagem de área molhada para todos os solos em aproximadamente 36%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, J.M.H. Algunas consideraciones sobre el volumen de suelo mojado y su importancia en el diseño y eficiencia de sistemas de riego localizado. In: SEMINÁRIO LATINOAMERICANO SOBRE RIEGO POR GOTEIO, 3, 1979, Campinas. Anais... Campinas-SP:ABID. 1979. p.296-306.
- BIELORAI, H. The effect of partial wetting on the root zone on yield and water use efficiency in a drip and sprinkler-irrigated mature grapefruit grove. *Irrigation Science*, v.3, p.89-100, 1982.
- BRESLER, E. Trickle-drip irrigation: principles and application to soil water management. *Advances in Agronomy*, v.29, p.343-393, 1977.
- CARMO FILHO, F., ESPÍNOLA SOBRINHO, J., MAIA NETO, J. M. Dados meteorológicos de Mossoró (Jan. de 1988 à Dez. de 1990). Mossoró: ESAM/FGD, 1991. 121p. (Coleção Mossoroense).
- DANDY, G.C., HASSANLI, A.M. Optimum design and operation of multiple subunit drip irrigation systems. *Journal Irrigation and Drainage Engineering*, v.122, n.5, p.265-275, 1996.
- KELLER, J., KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. *Transactions of the ASAE*. p.678-684, 1974.
- KELLER, J., BLIESNER, R.D. *Sprinkle and Trickle Irrigation*. New York: AVI Book, 1990. 640p.
- SILVA, J.G.F. *Irrigação localizada: dimensionamento e manejo*. Vitória: Emcapa, 1996, 74p.
- THORBURN, P.J., COOK, F.J., BRISTOW, K.L. Soil-dependent wetting from trickle emitters: implications for system design and management. *Irrigation Science*, v.22, p.121-127, 2003.
- ZUR, B. Wetted soil volume as a design objective in trickle irrigation. *Irrigation Science*, v.16, p.101-105, 1996.