

# **AVALIAÇÃO DE MODELO DE GEOMETRIA E VOLUME DE SOLO MOLHADO: EQUAÇÃO QUADRÁTICA<sup>1</sup>**

**S.L.A. LEVIEN<sup>2</sup>, C.E.MAIA<sup>3</sup>, J.F.MEDEIROS<sup>4</sup>**

**RESUMO:** A forma e o volume molhado do solo varia principalmente com as características hidráulicas do solo, número de emissores, vazão dos emissores e frequência de irrigação. Neste trabalho, é analisado um modelo de geometria e volume do bulbo, no qual se assume que o contorno do bulbo molhado pode ser representado por uma função quadrática. O estudo foi realizado em quatro solos do Agropolo Assu-Mossoró. O modelo da equação quadrática estimou satisfatoriamente os valores de geometria e volume do bulbo molhado.

**PALAVRAS-CHAVE:** bulbo molhado, irrigação por gotejamento, relação solo-água

## **EVALUATION OF MODEL OF GEOMETRY AND WETTED SOIL VOLUME: QUADRATIC EQUATION**

**SUMMARY:** The form and the wetted soil volume vary mainly with the hydraulic characteristics of the soil, number of emitters, emitters discharge and irrigation frequency. In this work, it is considered a model of geometry and volume of the bulb, in which it assumes that the contour of the wetted bulb can be represented by a quadratic function. The study it was carried out in four soils of the Agropolo Assu-Mossoró. The model was estimated satisfactorily the values of geometry and wetted soil volume.

**KEYWORDS:** wet bulb, drip irrigation, water-soil relationship

## **INTRODUÇÃO**

O movimento de água na irrigação localizada com ponto de emissão superficial é utilizado como um índice para o dimensionamento e manejo da água de irrigação, devido ao seu conhecimento ser essencial para a determinação do espaçamento entre os emissores (JURY & EARL, 1977). O espaçamento dos emissores deve ser tal que forme uma faixa molhada, porém a sobreposição exagerada além do maior custo devido ao maior número de emissores, diminuirá a eficiência de aplicação da água de irrigação (SCHWARTZMAN &

---

<sup>1</sup> Trabalho financiado pelo CNPq

<sup>2</sup> Engenheiro Agrícola, D.Sc., Departamento de Ciências Ambientais, ESAM, e-mail: slevien@esam.br

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Departamento de Ciências Ambientais, ESAM, e-mail: celsemy@esam.br

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Departamento de Ciências Ambientais, ESAM, e-mail: jfmedeir@esam.br

ZUR, 1986). Portanto, o volume de solo molhado por um único emissor é importante para o dimensionamento da irrigação localizada, determinando-se assim o número total de emissores necessário para molhar parte do solo para aplicar água de acordo com a necessidade hídrica das plantas, sendo esta função da textura do solo, estrutura, taxa de aplicação (vazão do emissor) e volume de água aplicado (relacionado com o tempo de irrigação). Segundo LUBANA & NARDA (1998) a forma e o volume molhado do solo varia principalmente com as características hidráulicas do solo, número de emissores, vazão dos emissores, frequência de irrigação que precisam ser determinados para que o volume molhado seja suficiente para que as plantas supram suas necessidades hídricas.

O bulbo molhado formado no solo sob um ponto de emissão pode variar em suas dimensões (assumir várias formas), dependendo das características do solo, da vazão do emissor e do tempo de aplicação de água. Pode-se assumir que a geometria e o volume do bulbo molhado podem ser representados de várias maneiras, tais como esferóide, elipsóide ou parabolóide, forma cilíndrica ou coluna retangular, entre outras (ZUR, 1996; KELLER & BLIESNER, 2000; COOK et al., 2003; MEDEIROS et al., 2004), ou ainda por funções potenciais ou quadráticas (SCHWARTZMAN & ZUR, 1986; MEDEIROS et al., 2004; MAIA, 2005). Os contornos do volume de solo molhado são razoavelmente bem definidos. Os mesmos são usualmente caracterizados pelas distâncias radial ( $r$ ) e vertical ( $Z$ ) da frente de molhamento desde o ponto de emissão. Pode-se assumir que o contorno pode ser representado por uma função quadrática (MEDEIROS et al., 2004; MAIA, 2005) e segue o modelo proposto por LEVIEN et al. (2005):

Neste trabalho, é testado e avaliado, em quatro solos, o modelo de geometria e volume do bulbo, proposto por LEVIEN et al. (2005), no qual se assume que o contorno do volume de solo molhado pode ser representado por uma equação quadrática.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados obtidos por MEDEIROS et al. (2004) em quatro solos na região do Agropolo Assu-Mossoró. Baseado em EMBRAPA (1999), os solos foram classificados como Luvisolo Crômico de textura franco-argilo-arenosa, Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico de textura argilosa, Cambissolo Háptico de textura argilosa, e Latossolo Vermelho eutrófico argissólico de textura franco-argilo-arenosa.

O modelo da função quadrática, considerando o raio ( $r$ ) em função da profundidade do bulbo ( $Z$ ), é representado por:

$$r = a + b \cdot Z + c \cdot Z^2 \quad (1)$$

em que,  $r$  é o raio molhado,  $Z$  é a profundidade molhada, e  $a$ ,  $b$  e  $c$  são os parâmetros do modelo.

Para o modelo da função quadrática o volume do bulbo molhado é representado por:

$$V = \pi \cdot \left[ a^2 \cdot Z_{\max} + a \cdot b \cdot Z_{\max}^2 + \frac{(2 \cdot a \cdot c + b^2)}{3} \cdot Z_{\max}^3 + \frac{b \cdot c}{2} \cdot Z_{\max}^4 + \frac{c^2}{5} \cdot Z_{\max}^5 \right] \quad (2)$$

em que,  $V$  é o volume do bulbo molhado, e  $Z_{\max}$  é a profundidade máxima do bulbo molhado.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o ajuste dos modelos foram utilizados os dados dos perfis médios dos bulbos molhados gerados para os solos estudados. Para cada solo, inicialmente, foi ajustado o modelo proposto (equação (1)) para cada vazão dos emissores ( $q$ ) e para cada tempo de aplicação de água ( $t$ ). Posteriormente, os parâmetros do modelo proposto (equação (1)) foram ajustados em função da vazão dos emissores ( $q$ ) e do tempo de aplicação de água ( $t$ ), assumindo que os mesmos, em função de  $q$  e  $t$ , seguem o modelo de superfície de resposta do tipo

$$y = a \cdot x^b \cdot z^c \quad (3)$$

em que,  $y$  é a variável dependente,  $x$  e  $z$  são as variáveis independentes, e  $a$ ,  $b$  e  $c$  são os parâmetros do modelo. O modelo da função quadrática, para os solos, considerando  $r$  em função de  $Z$ , pode ser representado pela equação (1), onde os parâmetros  $a$ ,  $b$  e  $c$  são dados por:

Luvissolo Crômico:

$$a = 12,099 \cdot q^{0,262} \cdot t^{0,212} \quad (4)$$

$$b = 0,640 \cdot q^{0,175} \cdot t^{0,150} \quad (5)$$

$$c = -0,077 \cdot q^{-0,302} \cdot t^{-0,308} \quad (6)$$

Argissolo Vermelho Amarelo:

$$a = 11,767 \cdot q^{0,262} \cdot t^{0,206} \quad (7)$$

$$b = 0,805 \cdot q^{0,040} \cdot t^{0,153} \quad (8)$$

$$c = -0,087 \cdot q^{-0,408} \cdot t^{-0,450} \quad (9)$$

Cambissolo Háplico:

$$a = 12,868 \cdot q^{0,268} \cdot t^{0,244} \quad (10)$$

$$b = 0,829 \cdot q^{-0,067} \cdot t^{0,065} \quad (11)$$

$$c = -0,131 \cdot q^{-0,624} \cdot t^{-0,469} \quad (12)$$

Latossolo Vermelho:

$$a = 10,753 \cdot q^{0,224} \cdot t^{0,179} \quad (13)$$

$$b = 0,748 \cdot q^{0,125} \cdot t^{0,219} \quad (14)$$

$$c = -0,069 \cdot q^{-0,314} \cdot t^{-0,231} \quad (15)$$

Os volumes do bulbo molhado observado e estimado, utilizando o modelo proposto (equação (2)), para diferentes valores de vazão dos emissores ( $q$ ) e de tempo de aplicação de água ( $t$ ), para os solos analisados, são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Valores de volume do bulbo molhado observado ( $V_{obs}$ ) e estimado ( $V_{est}$ ), em  $\text{cm}^3$ , utilizando o Modelo da Equação Quadrática, para diferentes valores de vazão e de tempo de aplicação de água, sob irrigação por gotejamento superficial, para os solos analisados

$q$ ( $\text{L h}^{-1}$ )	$t$ (h)	Luvissoilo		Argissolo		Cambissolo		Latossolo	
		$V_{obs}$	$V_{est}$	$V_{obs}$	$V_{est}$	$V_{obs}$	$V_{est}$	$V_{obs}$	$V_{est}$
1,0	1,0	5266	6233	6337	6329	4091	5393	4064	6227
	2,0	10497	11224	11929	12956	8653	10681	8520	11225
	4,0	20291	20653	27425	27874	17526	21473	21019	21120
	7,0	33537	34369	44589	54589	36328	38211	36789	36483
2,0	1,0	13225	12198	12211	12416	10334	11303	10955	11687
	2,0	25419	22439	27504	25909	21441	22588	23713	21683
	4,0	44990	42259	53874	57064	52794	45891	49064	42208
	7,0	78423	71848	100650	113092	88669	82454	90183	75219
4,0	1,0	26963	24381	30457	24539	20632	23817	26607	22364
	2,0	50450	45901	60520	52287	46301	48075	48707	42859
	4,0	88642	88796	128267	118103	117106	98799	88436	86619
	7,0	183718	154716	232104	239602	216599	179383	185080	159635
8,0	1,0	44217	49857	46100	48890	41081	50492	41661	43740
	2,0	84448	96414	104314	106564	105628	103035	94160	86898
	4,0	171577	192330	190221	247280	180919	214409	179089	182920
	7,0	301704	344500	416467	514171	347892	393729	309568	349288

Avaliou-se o modelo proposto usando os valores estimados em função dos valores observados (reta 1:1) e obteve-se, para geometria e volume, respectivamente:

Luvissoilo Crômico:

$$r_{est} = 1,0844 \cdot r_{obs} - 2,3192 \quad R^2 = 0,9150 \quad (16)$$

$$V_{est} = 1,0909 \cdot V_{obs} - 4550 \quad R^2 = 0,9790 \quad (17)$$

Argissolo Vermelho Amarelo:

$$r_{est} = 1,1232 \cdot r_{obs} - 2,8188 \quad R^2 = 0,9288 \quad (18)$$

$$V_{est} = 1,2157 \cdot V_{obs} - 9588 \quad R^2 = 0,9870 \quad (19)$$

Cambissolo Háplico:

$$r_{est} = 0,9859 \cdot r_{obs} - 0,1127 \quad R^2 = 0,8510 \quad (20)$$

$$V_{est} = 1,0637 \cdot V_{obs} - 3129 \quad R^2 = 0,9710 \quad (21)$$

Latossolo Vermelho:

$$r_{est} = 0,9282 \cdot r_{obs} + 0,2332 \quad R^2 = 0,8313 \quad (22)$$

$$V_{est} = 1,0648 \cdot V_{obs} - 6018 \quad R^2 = 0,9818 \quad (23)$$

em que,  $r_{est}$  é o raio estimado (em cm),  $r_{obs}$  é o raio observado (em cm),  $V_{est}$  é o volume estimado (em cm<sup>3</sup>) e  $V_{obs}$  é o volume observado (em cm<sup>3</sup>).

Comparou-se os coeficientes da reta, onde se verificou estatisticamente (teste “t”, 0,05 de probabilidade) que, quanto à geometria o modelo estimou satisfatoriamente para o Cambissolo e o Latossolo, e superestimou para o Luvisolo e o Argissolo, e, quanto ao volume do bulbo, o mesmo estimou satisfatoriamente para o Luvisolo, o Cambissolo e o Latossolo, enquanto superestimou para o Argissolo.

## CONCLUSÕES

O modelo da equação quadrática estimou satisfatoriamente os valores de geometria e volume do bulbo molhado, para a maioria dos solos estudados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COOK, F.J., THORBURN, P.J., FITCH, P., BRISTOW, K.L. WetUp: a software tool to display approximate wetting patterns from drippers. *Irrigation Science*, v.22, p.129-134, 2003.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 1999. 412p.
- GISPERT FOLCH, J.R.; GARCIA FÁBREGA, J.A. El volumen húmedo del suelo en el riego localizado: importancia y evaluación. In: MUÑOZ CARPENA, R.; RITTER RODRÍGUEZ, A.; TASCÓN RODRÍGUEZ, C. (Eds.) *Estudios de la zona no saturada del suelo*. Tenerife: ICIA, p.11-17, 1999.
- JURY, W.A.; EARL, K.D. Water movement in bare and cropped soil under isolated trickle emitters: I. Analysis of bare soil experiments. *Soil Science Society of America Journal*, v.41, p.852-856, 1977.
- KELLER, J.; BLIESNER, R.D. *Sprinkle and trickle irrigation*. The Blackburn Press, New Jersey. 2000. 652 p.
- LEVIEN, S.L.A.; MAIA, C.E.; MEDEIROS, J.F. Modelo de geometria e volume do bulbo molhado: equação quadrática. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*, 34. Canoas-RS, 2005. Anais...Canoas-RS, SBEA, 2005. CD Rom.
- LUBANA, P.P.S.; NARDA, N.K. Soil water dynamics model for trickle irrigated tomatoes.

Agricultural Water Management, v.37, p.145-161, 1998.

MAIA, C.E. Modelos matemáticos para estimativa da geometria do volume de bulbo molhado por irrigação por gotejamento superficial no Agropolo Assu-Mossoró. 2005. Tese (Doutorado em Recursos Naturais), Universidade Federal de Campina Grande. 145 f.

MEDEIROS, J.F.; LEVIEN, S.L.A.; MAIA, C.E. Caracterização de bulbo úmido em solos utilizados na irrigação localizada na região de fruticultura irrigada no Agropolo Assu-Mossoró. 2004. Escola Superior de Agricultura de Mossoró. Relatório Técnico, CNPq. 89 p.

SCHWARTZMAN, M.; ZUR, B. Emitter spacing and geometry of wetted soil volume. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE 112: 242–253, 1985

ZUR, B. Wetted soil volume as a design objective in trickle irrigation. Irrigation Science, v.16, p.101-105, 1996.