

# **SIMULAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NO SOLO SOB IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUPERFICIAL USANDO O PROGRAMA PSIGS**

LUIZ AILTON DE ARAÚJO SOUZA<sup>1</sup>; SÉRGIO LUIZ AGUILAR LEVIEN<sup>2</sup>

**RESUMO:** Tomando como base um modelo para simulação do movimento de água no solo sob irrigação por gotejamento superficial, um programa computacional designado por PSIGS foi desenvolvido. Como forma de avaliar o programa, procedeu-se a realização de simulações utilizando dados de solos disponíveis na literatura. Na primeira aplicação, a simulação foi realizada considerando a formação de bulbos molhados isolados para três tipos de solo, em dois intervalos de tempo. Na segunda aplicação, a simulação considerou a sobreposição de bulbos e a formação de faixa molhada ao longo da linha lateral, utilizando três valores de espaçamento e dois intervalos de tempo. Os resultados alcançados pelo programa mostraram-se condizentes com a teoria.

**PALAVRAS-CHAVE:** bulbo molhado, irrigação localizada, modelagem computacional

## **SOIL WATER MOVEMENT SIMULATION UNDER SURFACE DRIP IRRIGATION USING THE SOFTWARE PSIGS**

**SUMMARY:** Taking as base a model for simulation of soil water movement under surface drip irrigation, software designated by PSIGS was developed. As form of evaluating the program, the accomplishment of simulations was proceeded using data of available soils in the literature. In the first application, the simulation was accomplished considering the formation of isolated wetted bulbs for three soil types, in two intervals of time. In the second application, the simulation considered the overlapping bulbs and the formation of wetted strip along the lateral line, using three spacing values and two intervals of time. The results reached by the program they were shown suitable with the theory.

**KEYWORDS:** wetted bulb, localized irrigation, computational modeling

---

<sup>1</sup> Engenheiro Civil, M.Sc., Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Mossoró, RN, CEP: 59628-330. e-mail: luizailton@cefetrn.br

<sup>2</sup> Engenheiro Agrícola, D.Sc., Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, UFERSA, Mossoró, RN, CEP: 59625-900. e-mail: sergiolevien@ufersa.edu.br

## **INTRODUÇÃO**

Com o avanço computacional e dos métodos numéricos, os modelos matemáticos para simulação do movimento de água no solo tornaram-se ferramentas úteis tanto no dimensionamento de projetos de irrigação quanto nas operações de manejo, tornando mais eficiente a aplicação de água às plantas. A determinação do padrão de umidade no interior do bulbo, do raio do disco saturado e do alcance da frente de molhamento após determinado período de redistribuição de água no solo, possibilitam o rápido dimensionamento de parâmetros de projeto, tais como a frequência de irrigação e o espaçamento entre gotejadores.

Ao longo do tempo, diversos modelos foram propostos na tentativa de realizar esta predição. WOODING (1968) propôs uma solução analítica da equação de escoamento considerando que o fluxo de água através de uma cavidade circular de dimensões fixas seguia o regime permanente. O caráter deste estudo se aproxima da irrigação por gotejamento, já que após a estabilização do charco, pode-se considerar que o fluxo nessa zona de entrada de água é praticamente estacionário. BRANDT et al. (1971) desenvolveram várias considerações teóricas e ferramentas matemáticas para análise da infiltração transiente a partir da irrigação por gotejamento. BERGER (1994) utilizou a equação de Richards que foi resolvida pelo método das diferenças finitas com um esquema implícito, recorrendo a uma linearização explícita e uma ponderação por média aritmética e geométrica para o cálculo da condutividade hidráulica. Mais recentemente, RIVERA (2004) utilizou uma solução numérica para as equações que regem o movimento de água e transporte de solutos a partir de uma fonte pontual. Estas equações foram resolvidas considerando um sistema de volumes de controle, caracterizado pelas dimensões radial e vertical.

Em SOUZA (2009), desenvolveu-se um programa computacional denominado PSIGS, o qual permite a simulação do movimento de água no solo sob irrigação por gotejamento superficial, utilizando o método dos volumes finitos.

Este trabalho teve como objetivo avaliar os resultados apresentados pelo programa PSIGS, mediante sua utilização para a simulação do padrão de molhamento do solo sob irrigação por gotejamento superficial, usando diferentes tipos de solo, tanto na formação de bulbo molhado isolado quanto na de faixa molhada.

## **METODOLOGIA**

Como forma de avaliar o programa, duas aplicações foram realizadas: formação de bulbo molhado isolado usando dados de três solos com características diferentes; formação de bulbos sobrepostos e de faixa molhada para um solo, considerando diferentes espaçamentos

entre emissores. Ambas as aplicações consideraram dois intervalos de tempo de simulação: 60 e 120 min.

Nestas simulações, utilizou-se parâmetros de solos encontrados na literatura, procurando abranger solos com características variadas de forma a tornar mais representativa as aplicações propostas. O solo 1 corresponde a um latossolo vermelho-amarelo álico, cujas características estão descritas em CORRÊA et al. (2006). Os solos 2 e 3 correspondem a solos franco siltosos, cujas características texturais estão descritas em FUENTES et al. (1992). Os parâmetros de ajuste da equação de VAN GENUCHTEN (1980), para os três solos são apresentados na Tabela 1, a seguir.

Tabela 1. Parâmetros de ajuste da equação de VAN GENUCHTEN (1980)

Identificação do solo	$\theta_s$ cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	$\theta_r$ cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	$K_s$ cm h <sup>-1</sup>	$\alpha$	n
Solo 1	0,580	0,1500	2,988	0,03278	1,5158
Solo 2	0,396	0,1312	0,2067	0,00423	2,0585
Solo 3	0,469	0,1903	12,625	0,00505	7,6336

Os dados de entrada considerados para as simulações foram os seguintes: umidade inicial do solo: 0,20 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>; vazão do gotejador: 2,3 L h<sup>-1</sup>; tempo de aplicação de água: 60 min; tempo de simulação: 120 min.

Para o caso de sobreposição de bulbos e formação de faixa molhada, considerou-se os espaçamentos entre gotejadores de 20, 25 e 30 cm.

## RESULTADOS

Nas Figuras 1, 2 e 3 apresentam-se as isolinhas de umidade dos bulbos molhados isolados para os solos 1, 2 e 3, considerando os tempos de aplicação de água de 60 e 120 min, respectivamente. No solo 1, para o tempo de simulação ( $t_s$ ) igual a 60 min, a isolinha de umidade igual a 0,21 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>, alcançou um raio horizontal na superfície ( $r_s$ ) igual a 19,4 cm e profundidade na vertical do gotejador ( $z$ ), igual a 16,9 cm, enquanto para  $t_s$  igual a 120 min, obtivemos  $r_s$  igual a 23,1 cm e  $z$  igual a 21,4 cm. Os valores, para todos os solos, e tempos considerados são apresentados na Tabela 2.

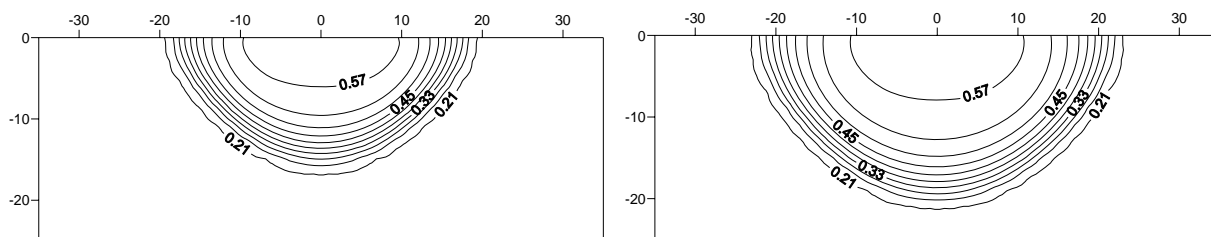


Figura 1. Isolinhas de umidade obtidas pelo PSIGS para o solo 1, considerando os tempos de simulação de 60 e 120 min

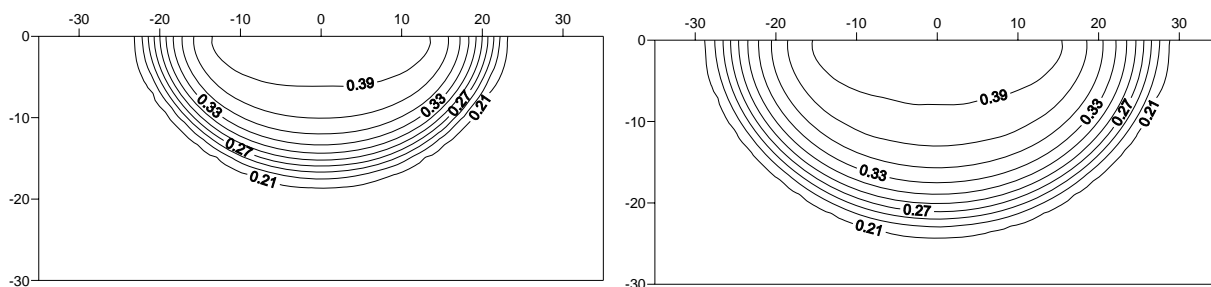


Figura 2. Isolinhas de umidade obtidas pelo PSIGS para o solo 2, considerando os tempos de simulação de 60 e 120 min

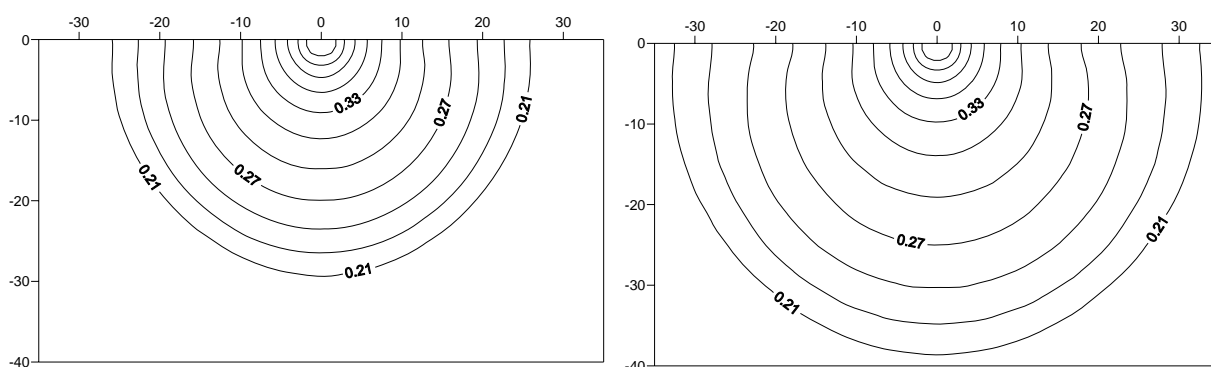


Figura 3. Isolinhas de umidade obtidas pelo PSIGS para o solo 3, considerando os tempos de simulação de 60 e 120 min

Tabela 2. Valores de raio e profundidade do bulbo molhado isolado para a isolinha de umidade  $0,21 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$

Tipo de solo	$t_s = 60 \text{ min}$		$t_s = 120 \text{ min}$	
	$r_s \text{ (cm)}$	$z \text{ (cm)}$	$r_s \text{ (cm)}$	$z \text{ (cm)}$
Solo 1	19,4	16,9	23,1	21,4
Solo 2	23,2	28,9	18,7	24,4
Solo 3	25,9	32,7	29,4	38,6

Nas Figuras 4, 5 e 6 apresentam-se as isolinhas de umidade dos bulbos molhados sobrepostos formando uma faixa molhada ao longo da linha lateral. Nesta aplicação utilizou-se como dados de entrada do programa, os parâmetros do solo 3, considerando os tempos de aplicação de água de 60 e 120 min, respectivamente. A profundidade alcançada ( $z$ ) e a sobreposição entre bulbos ( $S_p$ ) são apresentadas na Tabela 3, para os tempos considerados.

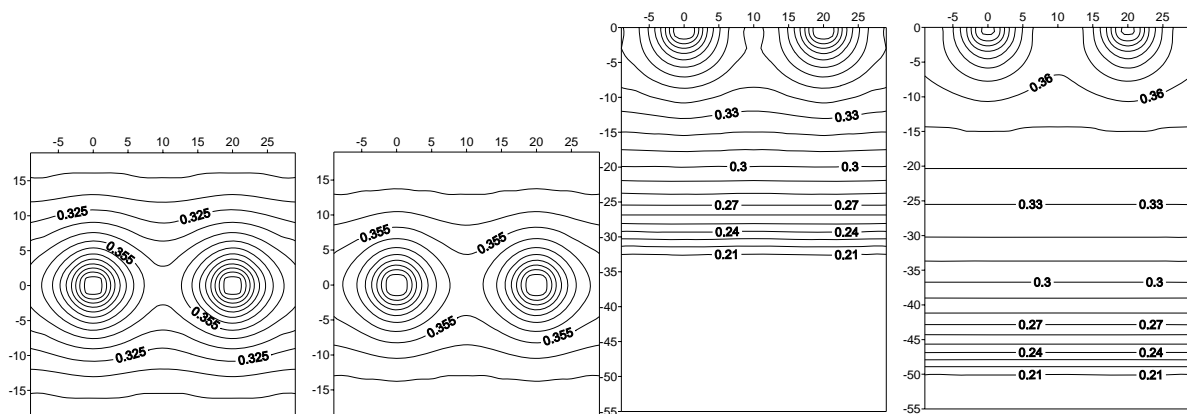


Figura 4. Vista superior e em corte vertical das isolinhas de umidade da faixa molhada considerando espaçamento entre emissores de 20 cm, para os tempos de 60 e 120 min, respectivamente

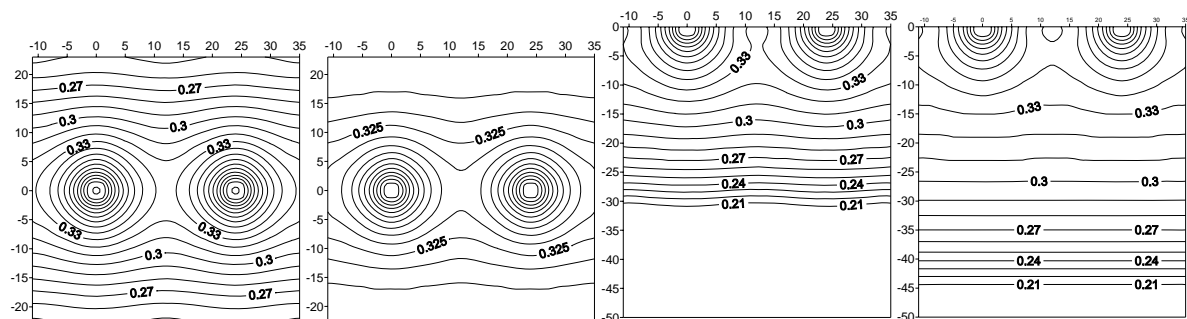


Figura 5. Vista superior e em corte vertical das isolinhas de umidade da faixa molhada considerando espaçamento entre emissores de 25 cm, para os tempos de 60 e 120 min, respectivamente

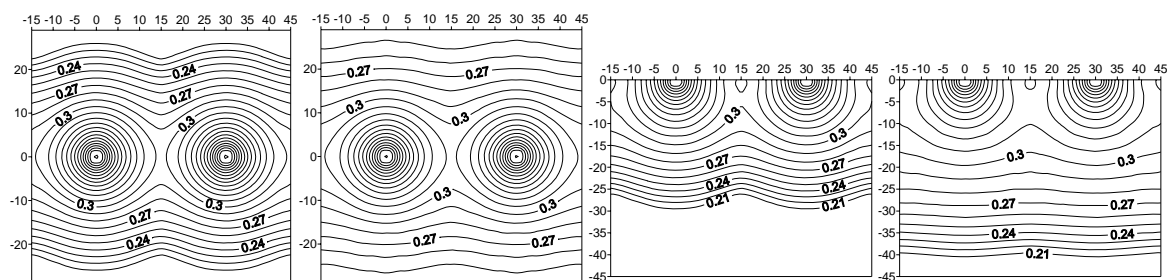


Figura 6. Vista superior e em corte vertical das isolinhas de umidade da faixa molhada considerando espaçamento entre emissores de 30 cm, para os tempos de 60 e 120 min, respectivamente

Tabela 3. Valores de profundidade alcançada e de sobreposição dos bulbos molhados para os tempos de simulação de 60 e 120 min

Espaçamento entre emissores (cm)	$t_s = 60 \text{ min}$		$t_s = 120 \text{ min}$	
	$z \text{ (cm)}$	$S_p \text{ (\%)}$	$z \text{ (cm)}$	$S_p \text{ (\%)}$
20	32,5	122,8	50,0	132,0
25	31,0	103,5	44,5	115,0
30	29,5	84,2	40,5	98,0

Nos espaçamentos utilizados, verificou-se que os valores de sobreposição foram elevados, para ambos os tempo de simulação. Dado ao alto valor de condutividade hidráulica do solo, valores mais coerentes de sobreposição podem ser alcançados alterando o espaçamentos entre emissores, ou utilizando-se gotejadores com vazão mais reduzida.

## **CONCLUSÕES**

Em relação às simulações de bulbo molhado isolado, a distribuição de água no solo mostrou-se coerente com as características físico-hídricas dos solos utilizados. Quanto à faixa molhada, o programa demonstrou que pode ser utilizado como ferramenta para o dimensionamento das instalações de irrigação, permitindo a escolha do espaçamento entre emissores e da vazão do gotejador que melhor se adapte às características do solo.

## **REFERÊNCIAS**

- BERGER, I.A.G. Modelação da rega gota-a-gota: transferências de água e de nitratos no solo. 156p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Rega e dos Recursos Agrícolas), Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 1994.
- BRANDT, A.; BRESLER, E.; DINER, N.; BEN-ASHER, J.; HELLER, J.; GOLDBERG, D. Infiltration from a trickle source: I. Mathematical models. Soil Science Society of America Journal, Madison, v.35, p.675-682, 1971.
- CORRÊA, M.M.; MARTINEZ, M.A.; COSTA, L.C.; RUIZ, H.A.; CORRÊA, M.M.; SAMPAIO, S.C. Modelo numérico do transporte de água e soluto no solo: I – simulação da distribuição de umidade. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.10, n.1, p.17-23, 2006.
- FUENTES, C.; HAVERKAMP, R.; PARLANGE, J. Parameter constraints on closed-form soilwater relationships. Journal of Hydrology, Amsterdam, v.134, p.117-142, 1992.
- RIVERA, R.N.C. Modelagem da dinâmica da água e do potássio na irrigação por gotejamento superficial. 89p. Tese (Doutorado em Agronomia), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- SOUZA, L.A.A. Fluxo tridimensional de água no solo: aplicação de volumes finitos na simulação da irrigação por gotejamento superficial. 128p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2009.
- VAN GENUCHTEN, M.T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Science Society of America Journal, Madison, v.44, p.892-898, 1980.
- WOODING, R.A. Steady infiltration from a shallow circular pond. Water Resources Research, Washington, v.4, p.1259-1273, 1968.