

APLICATIVO COMPUTACIONAL PARA SIMULAR IRRIGAÇÃO POR SULCOS, UTILIZANDO O MODELO ONDA CINEMÁTICA

Brauliro Gonçalves LEAL¹, Antônio Alves SOARES², Harold TAFUR HERMANN³

RESUMO: Um aplicativo computacional foi desenvolvido para simular a irrigação por sulcos, utilizando o modelo Onda Cinemática. As equações de Saint-Venant que caracterizam o modelo foram integradas com a técnica Euleriana até chegar a uma expressão algébrica que foi resolvida conforme apresentado por Wallender (1993). Os resultados obtidos com o aplicativo apresentaram diferenças inexpressivas quando comparados com os obtidos com o aplicativo comercial de Onda Cinemática, SIRMOD (1987).

PALAVRAS-CHAVE: Irrigação-superfície, Onda-Cinemática, Simulação.

ABSTRACT: A computational application was developed to simulate furrow hydraulics, using Kinematic-wave model. Saint-Venant equations that characterize the model were integrated with the Eulerian integration approach to get an algebraic expression that was solved as recommended by Wallender (1993). The results obtained with the application presented inexpressive differences when compared with obtained them with those commercial application of Kinematic-wave, SIRMOD (1987).

KEYWORDS: Surface irrigation, Kinematic-Wave, Simulation

INTRODUÇÃO: O comportamento hidráulico da irrigação por superfície tem variação tanto espacial quanto temporal. Desta forma tem-se aplicado os princípios de conservação da massa e da energia para descrever o movimento da água no solo, os quais originam as chamadas equações de Saint-Venant. Na solução destas equações tem-se utilizado diferentes procedimentos, alguns destes com restrições que facilitam sua solução, como por exemplo o modelo de Onda Cinemática, que representa a forma mais simplificada do modelo Hidrodinâmico, que é considerado o mais completo. O modelo Onda Cinemática considera a Equação de conservação da massa (Equação de continuidade), Equação 1, na sua forma integral, mas utiliza uma Equação da energia simplificada (Equação de momentum), Equação 2:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} + \frac{\partial z}{\partial \tau} = 0 \quad \text{eq. 1}$$

$$s_0 = s_f \quad \text{eq. 2}$$

em que A = seção transversal do escoamento; q = vazão; t = tempo; x = distância ao longo da direção do escoamento; s₀ = declividade do solo; s_f = declividade da linha de energia; z = volume infiltrado acumulado por unidade de comprimento; τ = tempo de oportunidade. Na simplificação da equação da energia (Equação 1), assume-se que o escoamento é uniforme e então pode-se utilizar qualquer equação que descreva o escoamento (Manning, Chezy ou Darcy-Weisbach). Para solucionar as equações do modelo de Onda Cinemática é necessário implementar técnicas de métodos numéricos. Assim, Walker e Humpherys (1983) resolveram o modelo utilizando a técnica do “Double Sweep”, enquanto que Wallender e Yokokura (1991) e Wallender (1993) utilizaram o

¹ Estudante de Doutorado Eng. Agrícola - Irrigação e Drenagem UFV. Professor da Univale. E-mail brauliro@solos.ufv.br

² Engenheiro Agrícola Ph.D.. Professor Departamento Eng. Agrícola UFV. E-mail aasoares@mail.ufv.br

³ Estudante de Doutorado Eng. Agrícola - Irrigação e Drenagem UFV. Professor Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

procedimento que transforma a equação de continuidade em equação algébrica, mais simples de ser resolvida. Os objetivos deste trabalho foram: 1º desenvolver um aplicativo computacional capaz de simular o desempenho da irrigação por sulcos utilizando o modelo de Onda Cinemática e 2º comparar simulações feitas desse aplicativo com as do modelo de Onda Cinemática do aplicativo comercial SIRMOD (1987).

MATERIAL E MÉTODOS: Integrando a Equação 1, utilizando a técnica Eurliana para cada incremento de tempo e espaço, e fazendo as substituições adequadas das relações de vazão – área, e também considerando a Equação de Manning, pode-se chegar à Equação 3:

$$A_R^m + C_1 * A_R + C_2 = 0 \quad \text{eq. 3}$$

em que apenas A_R é desconhecida (Wallender, 1993). A Equação 3 é resolvida para cada nó, utilizando Newton Raphson, e na última célula, durante a fase de avanço, os incrementos do avanço (δx_N) em cada incremento de tempo (δt), são calculados de acordo com Equação 4:

$$\delta x_N = \frac{\theta \alpha A_L^m \delta t}{\phi A_L + \phi Z_L} \quad \text{eq. 4}$$

em que θ e ϕ são coeficientes de ponderação temporal e espacial respectivamente, aplicados pela não linearidade do perfil de escoamento; α e m são definidos nas equações 11 e 12 de Rayej e Wallender (1988). Utilizando as equações acima apresentadas foi desenvolvido um aplicativo para simular a irrigação por sulcos nas fases de avanço, reposição e recessão, no compilador Delphi, versão 2.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: No Quadro 1, são apresentados dados correspondentes a um teste de irrigação por sulcos, reportados por Walker e Skorgerboe (1987). O resultado obtido com os aplicativos são apresentados no Quadro 2; nas simulações utilizou-se incremento de tempo de 1 min. Da comparação respectiva, observa-se que as diferenças entre os parâmetros simulados pelos dois modelos foram inexpressivas. Quando são utilizados incrementos de tempo maiores (exemplo 5 min), os dois aplicativos apresentam, freqüentemente, resultados incongruentes no cálculo do volume infiltrado.

CONCLUSÕES: Os resultados obtidos nas simulações, permitem concluir que o aplicativo proposto pode ser utilizado com segurança na simulação da irrigação por sulcos, sempre que incrementos de tempo sejam pequenos (um minuto). Incrementos maiores (por exemplo 5 minutos), levam com freqüência, a resultados incongruentes no cálculo do volume infiltrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

RAYEJ, M., WALLENDER, W.W. Furrow model with specified space intervals. **J. Irrig. Drain. Engine., ASCE**, v.113, n.4, p.536-549, 1987.

WALKER, W.R., HUMPHERYS, A.S. Kinematic-wave furrow irrigation model. **J. Irrig. Drain. Engine., ASCE**, v.109, n.4, p.377-392, 1983.

WALKER, W.R., SKORGERBOE, G.V. Surface irrigation: theory and practice. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1987.

WALLENDER, W.W. **Surface irrigation hydraulics**. University Extension, University of California, Davis, 1993.

WALLENDER, W.W., YOKOKURA, J. Space solution of kinematic-wave model. **Tans. ASAE**, v.117 n.1, p.140-144, 1991.

UTAH STATE UNIVERSITY FOUNDATION. **Surface irrigation simulation model: Sirmod**: 1.0. Logan: Utah, 1987.

Quadro 1 - Informação geral utilizada como dados de entrada dos aplicativos; correspondendo a um solo do Estado de Colorado (Matchett, Grand, Junction)

Vazão (lps/sulco)	0,92
Comprimento (m)	425,0
Declividade (m/m)	0,0095
Coeficiente Manning	0,02
Coeficiente de infiltração ($m^3/m\text{-min}^a$)	0,0033
Expoente de infiltração, a	0,400
Velocidade infiltração básica, f_0	0,00003
Parâmetro seção hidráulica, ρ_1	1,350
Parâmetro seção hidráulica, ρ_2	3,000
Tempo de aplicação, T_{ap} (min)	370,0
Irrigação real necessária, IRN (m)	0,04

Quadro 2 - Resultados de simulações com os aplicativos

Aplicativo SIRMOD				Novo aplicativo			
X (m)	T_{av} (min)	T_r (min)	Z (m^3/m)	X (m)	T_{av} (min)	T_r (min)	Z (m^3/m)
0,0	0,0	371	0,04644	0,0	0,0	370	0,04624
63,7	11,0	377	0,04610	60,39	11,0	377	0,04597
168,5	48,0	385	0,04403	165,34	48,0	385	0,04396
276,3	110,0	391	0,03991	275,10	110,0	391	0,03991
339,3	159,0	394	0,03643	339,97	159,0	393	0,03628
403,3	220,0	396	0,03138	406,39	220,0	396	0,03138
423,0	241,0	396	0,02946	425,70	240,0	397	0,02965
425,0	243,5	397	0,02841	-	-	-	-
Eficiência de aplicação = 79,80%				Eficiência de aplicação = 80,22%			
Eficiência de armazenamento = 95,80%				Eficiência de armazenamento = 96,38%			

X = Distância de avanço; T_{av} = Tempo de avanço; T_r = Tempo de recessão; e Z = Infiltração,