

SOFTWARE SASIS: SIMULAÇÃO E PROGNÓSTICO DO DESEMPENHO DA IRRIGAÇÃO POR SULCO

R. VIEIRA PORDEUS¹, C. A. VIEIRA DE AZEVEDO², L. A. DANTAS³, JOSÉ DANTAS NETO², F. FAUSTINO CUNHA⁴

RESUMO: Os sistemas de irrigação por superfície são os mais utilizados não apenas no Brasil, mas no mundo inteiro, principalmente devido à economia de energia e sua facilidade de operação; no entanto, apresentam baixos níveis de desempenho como consequência, em geral, do dimensionamento e manejo inadequados. Assim sendo objetivou-se, com esta pesquisa desenvolver uma ferramenta capaz de possibilitar a otimização do desempenho da irrigação por sulco com fluxo contínuo, a partir de sucessivas simulações da fase de avanço. As simulações da fase de avanço foram realizadas pelo modelo de ondas cinemáticas, implementado nesta pesquisa com base no desenvolvimento teórico apresentado por WALKER & HUMPHERYS (1983). O modelo proposto, escrito na linguagem de programação DELPHI 5.0 e denominado SASIS, “Software Aplicado à Simulação da Irrigação por Superfície”, teve sua validação testada para diferentes condições de campo. Os resultados desta pesquisa mostram a necessidade da otimização no sistema de irrigação por sulco com fluxo contínuo. O modelo desenvolvido nesta pesquisa apresenta mecanismos eficazes na realização de inúmeras simulações, da fase de avanço, numa faixa de vazão compreendida entre a mínima e a máxima permitidas, objetivando-se otimizar o desempenho do sistema de irrigação por sulco com fluxo contínuo.

PALAVRAS-CHAVE: Irrigação por sulco, simulação, desempenho

SOFTWARE SASIS: SIMULATION IS PROGNOSTIC OF THE PERFORMANCE OF THE FURROW IRRIGATION

ABSTRACT: The surface irrigation systems are the most used not just in Brazil but, in the whole world mainly due to the economy of energy and its operation easiness; however, these systems present low levels of performance, usually, as a consequence of inadequate design and management. Thus, the objective of this research was to develop a tool capable to make possible the optimization of the continuous flow furrow irrigation performance, making successive simulations of the advance phase. The simulations of the advance phase were

¹ Eng. Agrícola Prof. Dr. DCA/UFERSA, Mossoró-RN, rvpordeus@gmail.com

² Eng. Agrícola Prof. Dr. DEA/UFCG, Campina Grande-PB.

³ Bel. Ciência da Computação, DEA/UFCG, Campina Grande-PB.

⁴ Eng. Agrônomo, DCA/UFERSA, Mossoró-RN.

accomplished by the kinematic-wave model implemented in this research basing in the theoretical development presented by WALKER & HUMPHERYS (1983). The proposed model was written in the programming language DELPHI 5.0 and denominated SASIS, “Software Applied to Simulation of the Surface Irrigation”, and had its validation tested for different field conditions. The results of this research show the need of the optimization in the furrow irrigation systems with continuous flow. The model developed in this research presents effective mechanisms in the accomplishment of countless simulations, in a discharge strip understood between the minimum and the maximum allowable values, being aimed at to optimize the acting of the overhead irrigation for furrow with continuous flow.

KEYWORDS: Furrow irrigation, simulation, performance

INTRODUÇÃO

A irrigação por sulcos apresenta diferentes variáveis de campo e operacionais do sistema que influenciam seu desempenho, como vazão e tempo de aplicação d'água, dimensões, declividade e rugosidade da superfície do solo, forma geométrica do sulco e características de infiltração d'água no solo; os valores de variáveis como declividade, rugosidade, geometria do sulco e taxa de infiltração, correspondem a condições específicas de campo, para as quais o projetista deverá definir vazão, tempo de aplicação d'água, comprimento, espaçamento entre sulcos e lâmina. Com ajuda dos computadores, vem-se desenvolvendo modelos matemáticos para simular as fases da irrigação por superfície, levando-se em consideração, tanto no dimensionamento como no manejo desses sistemas, as diferentes interações entre as variáveis de campo e operacionais. Deferidos modelos são capazes de prever a eficiência desses sistemas, facilitando aos projetistas tomadas de decisão com vistas à melhoria da eficiência dos atuais e futuros projetos de irrigação por superfície a serem projetados e implantados. Os diferentes modelos de simulação da irrigação por superfície foram desenvolvidos para simular um evento de irrigação isolado, assumindo-se que não existe variabilidade espacial nos parâmetros de campo (infiltração, rugosidade, declividade e seção transversal); na prática, tem-se verificado a validade desta hipótese, tendo em vista que as simulações se têm aproximado bastante das medições de campo das fases, porém, as variabilidades temporais nesses parâmetros são sempre levadas em conta, uma vez que para a avaliação de qualquer evento de irrigação ao longo da estação de cultivo, novas medições dos parâmetros de campo são realizadas. Objetivou-se, através desta pesquisa, desenvolver um modelo matemático computacional de simulação da irrigação por sulco com

fluxo contínuo, capaz de, através de simulações da fase de avanço, prognosticar o desempenho de um evento de irrigação por sulco com fluxo contínuo.

MATERIAL E MÉTODOS

Para solução numérica espacial das equações do modelo de ondas cinemáticas utilizou-se, nesta pesquisa, o procedimento de integração Euleriana com aproximação de primeira ordem, apresentado por WALKER & HUMPHERYS (1983) e WALLENDER (1986). A Figura 1 ilustra a combinação de todas as células de todos os incrementos de tempo, formando-se uma grade de cálculo no plano (x,t) , na qual as trajetórias de avanço e recessão podem ser traçadas.

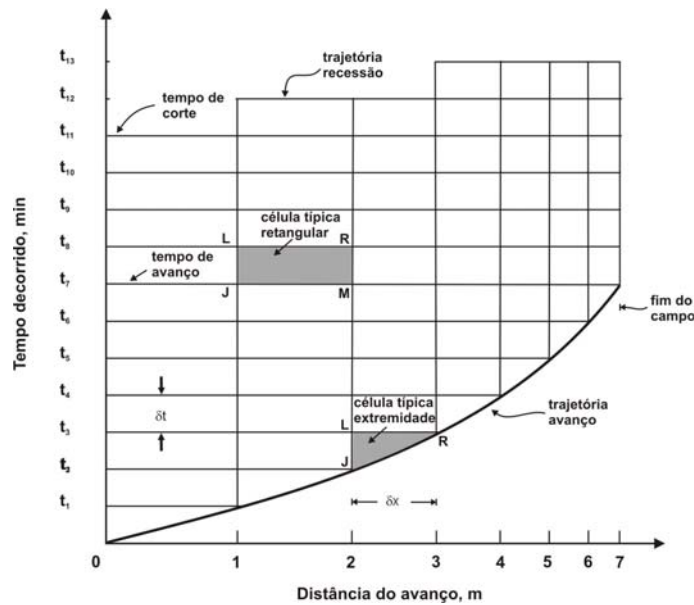


Figura 1. Malha computacional (WALKER, 2001)

A Equação 1 pode, então, ser representada, em termos da anotação, na Figura 1, como segue:

$$\begin{aligned} & [\theta(Q_R - Q_L) + (1 - \theta)(Q_M - Q_J)]\delta t + \\ & [\phi(A_L - A_J) + (1 - \phi)(A_R - A_M)]\delta x + \\ & [\phi(Z_L - Z_J) + (1 - \phi)(Z_R - Z_M)]\delta x = 0 \end{aligned} \quad (1)$$

sendo θ e ϕ coeficientes de ponderação temporal e espacial, respectivamente, cujos valores variam entre 1/2 e 1; em geral, tem-se tomado valores iguais a 0,65 e 0,51 para θ e ϕ , respectivamente. WALKER (2001) em seu software SIRMOD III, usa 0,60 para ambos; o mesmo valor adotado nesta pesquisa.

A solução numérica é obtida resolvendo-se a Equação 1 para cada célula na malha computacional começando-se horizontalmente da esquerda para a direita, em cada etapa de cálculo. As únicas incógnitas em cada célula, são Q_R e A_R ; entretanto, uma vez que Q está

sendo calculado explicitamente pela equação de Manning, não se o considera uma incógnita; o mesmo caso é aplicado a Z (infiltração) o qual está sendo calculado pela equação de Kostiakov-Lewis. Simplificando a Equação 1, isolam-se as constantes e variáveis com valores conhecidos nos coeficientes C_1 e C_2 . Tem-se, então:

$$C_1 = \left(\frac{1-\phi}{\theta\alpha} \right) \frac{\delta x}{\delta t} \quad \text{e} \quad (2)$$

$$C_2 = -A_L^m - \left(\frac{1-\theta}{\theta} \right) A_J^{m+1} + \left(\frac{1-\theta}{\theta} \right) A_M^{m+1} + \frac{\phi}{\alpha\theta} (A_L + Z_L - A_J - Z_J) \frac{\delta x}{\delta t} + \left(\frac{1-\phi}{\alpha\theta} \right) (Z_R - A_M - Z_M) \frac{\delta x}{\delta t} \quad (3)$$

chegando-se à equação

$$A_R^{m+1} + C_1 A_R + C_2 = 0 \quad (4)$$

A Eq. 4 é utilizada para células interiores e para a primeira célula, depois da primeira etapa de cálculo. Uma vez que a Eq. 4 é solucionada implicitamente (pelo método de Newton-Raphson) para cada célula separadamente, não se tem, então, uma matriz. Esta equação é usada de forma implícita para determinar A_R e, depois, se determina explicitamente Q_R , pela equação de Manning.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O SASIS foi escrito na linguagem de programação DELPHI 5.0, escolhida por ser orientada a objeto, com integração total ao Windows em todas as suas versões, que permite, de maneira clara, prática, produtiva e eficiente, atualização e portabilidade de aplicativos nele desenvolvidos; oferece, também, significativa facilidade na utilização de Banco de Dados Relacionais, dispensando o trabalho de desenvolvimento de rotinas, controle de arquivos de dados/texto e periféricos de entrada/saída, possibilitando ao desenvolvedor foco total no trabalho específico, gerando códigos rápidos. Referida capacidade é extremamente importante na simulação e otimização da irrigação por superfície. O modelo proposto nesta pesquisa, denominado SASIS (Software Aplicado à Simulação de Irrigação por Superfície), desenvolvido para simular a fase de avanço na irrigação superficial, foi validado com dados de campo e com o modelo SIRMOD, desenvolvido por WALKER (1989) e só então validado para diferentes condições de campo, comparando-se o avanço simulado por ele com o avanço medido em campo e simulado pelo SIRMOD. O software é apresentado operacionalmente, em um único módulo, seguindo o padrão Windows, e consta de um formulário principal

(Figura 2); na parte superior tem-se duas opções: Cálculo e Sobre; na janela de cálculo, abre-se o programa para simulação e, na opção de sobre, dá-se informação sobre o programa.



Figura 2. Tela de abertura do SASIS

A Figura 3 apresenta a inserção de dados de campo para simulação da irrigação por sulco, esta é a arquitetura mais importante do sistema, composto de quatro janelas: Entrada de Dados, Resultados e Simulação, Apresentação Gráfica e Vazão Ideal (Figura 3).

 A imagem mostra a tela de inserção de dados de campo para a simulação da irrigação por sulco com fluxo contínuo. A interface é dividida em quatro abas: "Entrada de Dados", "Resultados da Simulação", "Apresentação Gráfica" e "Vazão Ótima". A aba "Entrada de Dados" está ativa, mostrando campos para inserção de dados e uma tabela de resultados.

Nome do Experimento: PISG1

1.) Fluxo de Entrada (lps/m): 1,330

2.) "n" de MANNING (0.02 - 0.15): 0,020

3.) Fluxo Contínuo (Parâmetros de Infiltração): K, $Z = K \cdot t^a + fo \cdot t$ (m³/m)

4.) Comprimento do Sulco (m): 67,00

5.) Espaçamento entre Sulcos (m): 1,0000

6.) Tempo de corte para Fluxo Contínuo (min): 90,000

7.) Declividade: 0,0030

8.) Lâmina Requerida (m): 0,0900

9.) Intervalo de Tempo p/ Inc. do Avanço (min): 5,00

Os dados abaixo são sugeridos pelo Sistema. PODEM ser modificados, entretanto não é aconselhável.

Rho1: 0,291 Gama 1: 1,60569

Rho2: 2,847 Gama 2: 0,37001

Dtm: 5 Sigma 1: 1,999

Phi: 0,6 Sigma 2: 1,562

Theta: 0,6

Del: 12,5 V. Max: 13,00

Botões: [simular] [Sair]

F. Ent.	"n"	k	a	fo	Campo	Espac.	T Corte	Decliv.	L. Req.	Tempo
1,000	0,040	0,00280	0,53400	0,000220	130,00	1,0000	140,000	0,0080	0,0500	5,00
1,130	0,020	0,00540	0,41200	0,000152	115,00	1,0000	86,000	0,0024	0,0200	5,00
1,300	0,040	0,00896	0,00000	0,000220	217,00	1,0000	300,000	0,0173	0,0500	5,00
1,330	0,020	0,03781	0,16500	0,000152	67,00	1,0000	90,000	0,0030	0,0900	5,00
1,470	0,020	0,02331	0,30200	0,000152	84,00	1,0000	115,000	0,0015	0,0600	5,00
1,500	0,013	0,00880	0,21200	0,000170	360,00	1,0000	450,000	0,0104	0,0900	5,00
1,500	0,022	0,00880	0,50000	0,000220	100,00	1,0000	120,000	0,0010	0,0600	5,00
1,540	0,025	0,01024	0,32600	0,000152	70,00	1,0000	30,600	0,0043	0,0200	5,00

Botões: [Novo] [Excluir]

Figura 3. Tela de inserção de dados de campo para a simulação da irrigação por sulco com fluxo contínuo

A janela Resultado da Simulação mostra, na tela, os resultados da simulação do avanço da água no sulco, tempo de recessão, perfil de infiltração da água no solo, balanço de volume e a performance da irrigação. Esta tela apresenta, ainda, as opções Imprimir e Sair; clicando em Imprimir, um relatório é fornecido com todos os valores da simulação, inclusive os dados de entrada de campo e os parâmetros operacionais (Figura 4a). O software SASIS inclui não apenas a capacidade de gerar a parte gráfica mas, também, a impressão. O relatório é visualizado na tela do computador. O relatório informa todos os dados de campo (dados de entrada) fornecidos pelo usuário para conferência e o resultado da simulação do avanço, recessão, perfil de infiltração, balanço de volume e a performance da irrigação. No balanço de volume são informados, ao usuário, os seguintes parâmetros: Fluxo Total de Entrada, Volume

Total Infiltrado, Volume Escoado, Volume Percolado, Volume Armazenado na Zona de Raiz e Volume de Déficit. No resultado da performance são informados, ao usuário, os parâmetros: Eficiência de Aplicação, Eficiência de Armazenamento, Uniformidade de distribuição, Uniformidade de Distribuição Absoluta, Taxa de Escoamento e Taxa de Percolação. Na opção de visualização de resultados pode-se escolher entre visualizar a trajetória do avanço (Figura 4b), clicando sobre o ícone Avanço/Tempo; a trajetória de avanço é mostrada na tela.

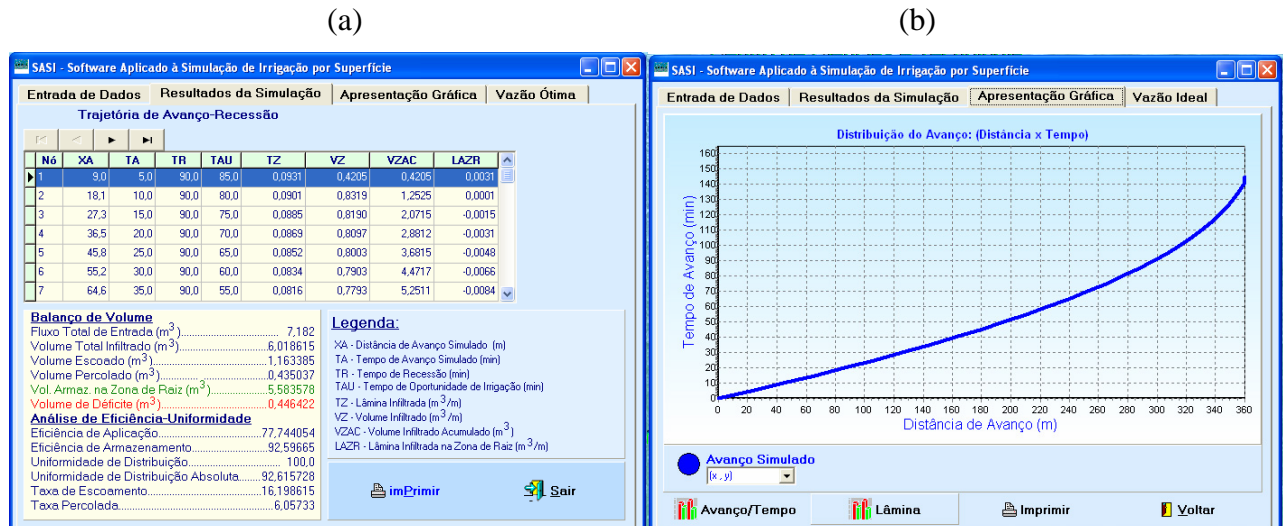


Figura 4. Tela exibindo os resultados da simulação do software SASIS e a visualização da trajetória de avanço da água ao longo do sulco

CONCLUSÕES: As simulações da fase de avanço pelo modelo SASIS apresentaram discrepâncias no tempo de avanço no final da área, inferiores às identificadas pelo modelo SIRMOD, que não comprometeram o prognóstico do balanço de volume d'água, perfil de infiltração d'água e nem dos parâmetros de desempenho do sistema de irrigação por sulco com fluxo contínuo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- WALKER, W.R.; HUMPHERYS, A.S. Kinematic-wave furrow irrigation model. Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE, 109(IR4): 377-392, 1983.
- WALKER, W.R. SIRMOD, Surface irrigation simulation software. Utah State University. Logan, Utah, 1989.
- WALKER, W.R. Software for Simulation, Design, and Evaluation of Surface Irrigation – User's Guide and Technical Documentation. Biological and Irrigation Engineering, Utah State University, Logan, UT 84322-4105, 2001. 63p.
- Wallender, W.W. Furrow model with spatially varying infiltration. Transactions of the ASAE, 29(4): 1012-1016, 1986.