

ALGORITMO COMPUTACIONAL PARA DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE IRRIGAÇÃO POR SULCO

Eugênio Paceli de Miranda¹, Jhon Lennon Bezerra da Silva², Pedro Henrique Pinto Ribeiro³,
Tatiana Belo de Sousa Custodio³

RESUMO: As novas tecnologias e desenvolvimento de modelos de linguagem computacional trazem benefícios importantes para o sistema de irrigação por sulco, permitindo a gestão e eficiência do uso da água. Objetivou-se determinar e otimizar o tempo de irrigação de um sistema de irrigação por sulco utilizando algoritmo computacional. O estudo foi realizado por meio de simulação e modelagem matemática em um programa de linguagem Visual Basic for Application (VBA). Em um resultado de simulação comparado com a literatura, o programa apresentou um tempo de irrigação de 333 minutos contra 328 minutos apresentado pela literatura, uma diferença de apenas 1,52%. O programa desenvolvido mostrou-se uma ferramenta eficiente na determinação do tempo de irrigação por sulco. O desenvolvimento de modelos computacionais eficientes aprimora as técnicas de manejo e produção, favorecendo a eficiência de aplicação e uso da água no setor agrícola.

PALAVRAS-CHAVE: Manejo de irrigação, tecnologia, infiltração.

COMPUTATIONAL ALGORITHM FOR DETERMINATION OF THE TIME OF IRRIGATION OF SULCO

ABSTRACT: New technologies and development of computational language models bring important benefits to the furrow irrigation system, allowing the management and efficiency of water use. The objective of this study was to determine and optimize the irrigation time of a furrow irrigation system using a computational algorithm. The study was performed through mathematical modeling and simulation in a Visual Basic for Applications (VBA) language program. In a simulation result compared to the literature, the program presented an irrigation time of 333 minutes versus 328 minutes presented in the literature, a difference of only

¹ Prof. Doutor, Depto de Irrigação e Drenagem, IFCE – *Campus* Iguatu, Ceará. E-mail: eu.paceli@yahoo.com.br

² Mestre em Engenharia Agrícola, Depto. de Engenharia Agrícola. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco. Av. D. Manoel de Medeiros, SN; Dois Irmãos, Recife, PE; CEP: 52171-900. E-mail: jhonlennoigt@hotmail.com

³ Graduandos do Curso de Tecnologia em Irrigação e Drenagem, IFCE – *Campus* Iguatu, Ceará. E-mail: tathyannabelo@gmail.com

1.52%. The developed program proved to be an efficient tool in determining the irrigation time by furrow. The development of efficient computational models improves management and production techniques, favoring the efficiency of water application and use in the agricultural sector.

KEYWORDS: Irrigation management, technology, infiltration.

INTRODUÇÃO

A agricultura é responsável pelo consumo de aproximadamente 70% de toda água doce do mundo, nesse sentido, as áreas cultivadas com sistemas de irrigação são de aproximadamente 23%, áreas que, por exemplo, são responsáveis por produzirem 40% dos alimentos para humanidade, evidenciando que a produção agrícola com a implementação de sistemas de irrigação e o apoio de novas tecnologias de monitoramento e produção permitem elevar eficientemente as produções na agricultura irrigada, além de conter consideravelmente o impacto aos recursos hídricos (FAO, 2015).

No Brasil, a agricultura tem um consumo de água de aproximadamente 67%, sendo a irrigação por superfície o método mais utilizado, tal qual é um método em que a água de irrigação é aplicada diretamente na superfície do solo e através do efeito da gravidade o seu nível é controlado para infiltração no solo e aproveitamento das culturas agrícolas (ANA, 2017). Destacando-se por exemplo, o sistema de irrigação por sulcos, que consiste da inundação parcial e temporária através de pequenos canais ou sulcos, bastante viável pelo baixo custo de implantação, alta durabilidade e baixa dependência por equipamentos de irrigação e manutenção (Botrel & Marques, 2000; Mantovani et al., 2009; Frizzone, 2017).

O sucesso da agricultura irrigada e a boa eficiência de irrigação possui correlação principalmente com o método e sistema de irrigação empregado, está relacionado com à eficácia no dimensionamento dos projetos de irrigação, qualidade e práticas de operação dos equipamentos, técnicas do manejo da água e do solo, sendo por sua vez, à irrigação através do manejo adequado, altamente significativa na produtividade agrícola (Testezlaf, 2017).

Diante do aumento dos cultivos agrícolas e da demanda hídrica em meio a baixa eficiência do uso da água no setor da agricultura, se faz necessário o desenvolvimento de novos modelos e técnicas de manejo e produção através de métodos e sistemas mais eficientes. Visando melhorar a eficiência de aplicação e do uso da água, os modelos matemáticos dirigidos por ferramentas computacionais são bastante efetivos, pois constituem

de recursos importantes para simular diversas condições na agricultura irrigada, como por exemplo, nos processos de dimensionamento da irrigação por superfície, em especial pelo sistema de irrigação por sulcos, visando a gestão do uso da água, baixo custo e praticidade, sendo estes fatores essenciais para a sustentabilidade dos recursos hídricos, beneficiando a potencialidade da produtividade agrícola, principalmente nas regiões semiáridas do Nordeste do Brasil, regiões de alta escassez de água e baixa qualidade da água para irrigação (Vilas Boas et al., 2006; Shen et al., 2013; Djaman et al., 2015; Ribeiro et al., 2018).

A simulação computacional tem sido a maneira pela qual o homem experimenta e ratifica as soluções (Dantas, 2007). Marques (2000) desenvolveu o Software Sulcos 2000, para Windows 95, em linguagem Delphi 3.0 de auxílio à elaboração de projetos de irrigação por sulcos, através de procedimentos de cálculos automáticos que agilizam e possibilitam testar várias situações durante a fase de projeto. Para este mesmo sistema, Andrade Júnior et al. (2001) apresentaram um aplicativo denominado DimSulco, que se trata de uma ferramenta auxiliar para o dimensionamento e avaliação de sistemas de irrigação por sulco. Pordeus et al. (2008) apresentaram o Software Aplicado à Simulação da Irrigação por Superfície (SASIS), escrito em linguagem de programação Delphi 5.0, que tem por objetivo possibilitar a otimização do desempenho da irrigação por sulco com fluxo contínuo.

Diante deste contexto, objetivou-se determinar e otimizar o tempo de irrigação de um sistema de irrigação por sulco através de simulação e modelagem matemática computacional na linguagem Visual Basic for Application (VBA), para o controle e tomadas de decisão visando um melhor desempenho do sistema de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi desenvolvido um programa em linguagem Visual Basic for Application (VBA) para a determinação do tempo de irrigação para a irrigação por sulcos. O tempo de irrigação (Equação 1) é dado em função do tempo de oportunidade, obtido através da resolução da equação da infiltração de Kostiakov-Lewis (Equação 2) e do tempo de avanço (Equação 3).

$$t_i = t_o + t_a \quad (1)$$

$$I = k \times t_o^a + VIB \times t_o \quad (2)$$

$$t_a = x \times L^y \quad (3)$$

Em que,

t_i – tempo de irrigação (min); t_o – tempo de oportunidade (min); t_a – tempo de avanço (min);
 I – infiltração acumulada ($m^3 m^{-1} m^{-1}$); k e a – coeficientes da equação de Kostiakov-Lewis;
 VIB – velocidade de infiltração básica ($m^3 min^{-1} m^{-1} m^{-1}$); L – comprimento do sulco (m); x e
 y – coeficientes da equação do tempo de avanço.

O tempo de oportunidade foi calculado através do método iterativo de Newton-Rhapson, descrito na Equação 4.

$$x_{n+1} = x_n + \frac{f(x_n)}{f'(x_n)} \quad (4)$$

Em que,

x_{n+1} – valor do tempo de oportunidade da tentativa seguinte; x_n – valor do tempo de oportunidade da tentativa anterior; $f(x_n)$ – valor da função de infiltração; $f'(x_n)$ – valor da derivada da função de infiltração.

O desempenho do programa foi verificado comparando com os dados fornecidos por Bernardo et al. (2009) que apresentaram a Equação de infiltração (5), lâmina de irrigação de 43 mm e comprimento de sulco de 300 m.

$$I = 0,00135 \times t_o^{0,3883} + 0,00012 \times t_o \quad (5)$$

Em que,

I – infiltração acumulada ($m^3 m^{-1} m^{-1}$); t_o – tempo de oportunidade (min); t_o – tempo de oportunidade (min).

Os parâmetros da equação do tempo de avanço foram obtidos a partir do teste de avanço apresentado por Bernardo et al. (2009) mostrado na Tabela 1 por meio da construção de uma curva de dispersão e inserção da linha de tendência no modelo matemático potencial.

Tabela 1. Teste de avanço apresentado por Bernardo et al. (2009).

X (m)	Ta (min)
0	0
30	1,9
60	5,6
90	10,5
120	16,3
150	23
180	30,5
210	38,6
240	47,5
270	57
300	67

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 está ilustrada a janela inicial do algoritmo, que determinou o tempo de irrigação por sulco, conforme os dados dos parâmetros da equação de Kostiakov-Lewis (I), dos parâmetros da equação do tempo de avanço (t_a), a lâmina a ser infiltrada e como resultado, o tempo de irrigação (t_i).

Figura 1. Interface inicial de programação no algoritmo de determinação do tempo de irrigação por sulco.

Este sistema de manejo se destaca pela iniciativa de aprimorar ainda mais a aplicação e uso da água, sendo essencial principalmente para o produtor rural de pequeno porte, como

parte de uma assistência técnica eficiente e prática, especialmente nas regiões semiáridas do Nordeste do Brasil.

Reisdörfer (2009) estudando um programa computacional (proIRRIGA) para avaliação da uniformidade em irrigação por gotejamento e sua validação, destacaram de maneira eficiente a coleta de dados para o controle da irrigação.

Na Tabela 1 são apresentados dados do tempo de oportunidade, tempo de avanço e tempo de irrigação apresentados por Bernardo et al. (2009) e os encontrados no presente estudo pelo programa.

Tabela 1. Resultados dos tempos de oportunidade, avanço e tempo de irrigação apresentados pelo programa e por Bernardo et al. (2009).

Parâmetro	Bernardo et al. (2009)	Programa computacional
Tempo de oportunidade (min)	261	261
Tempo de avanço (min)	67	72
Tempo de irrigação (min)	328	333

Os resultados para os tempos de oportunidade para aplicação da lâmina de irrigação foram os mesmos apresentados pelo programa e por Bernardo et al. (2009), 261 minutos. Para o tempo de avanço, o valor apresentado pelo programa foi de 72 minutos contra 67 minutos, essa diferença pode ser atribuída ao fato que o valor do tempo de avanço encontrado pelo programa foi obtido a partir da regressão dos valores do teste de avanço apresentados por aqueles autores, para obtenção da equação de avanço. O valor do tempo de irrigação apresentado pelo programa foi de 333 minutos, o que representou em uma diferença de apenas 1,52% maior que aquele apresentado por Bernardo et al. (2009), 328 minutos, que pode ser considerado uma diferença muito pequena.

CONCLUSÕES

O programa desenvolvido mostrou-se uma ferramenta muito útil na determinação do tempo de irrigação por sulco através da modelagem matemática computacional na linguagem Visual Basic for Application (VBA), simplificando a obtenção desse parâmetro.

O desenvolvimento de modelos computacionais hábeis visa aprimorar as técnicas de manejo e produção, como é o caso deste, no auxílio perante os técnicos que trabalham no manejo de sistema de irrigação por sulco, favorecendo principalmente o aumento do

desempenho, eficiência de aplicação e uso da água no setor agrícola, de forma sustentável e com baixo custo operacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada** / Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2017. 86 p.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SOUSA, V. F.; ALENCAR, C. M.; CARDOSO, S. S.; FRIZZONE, J. A. Programa computacional para dimensionamento e avaliação de sistemas de irrigação por sulco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, p. 353-356, 2001.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8ª Edição, Editora UFV, 2009. 625 p.

BOTREL, T. A.; MARQUES, P. A. A. Software for the calculations of furrow irrigation projects. **Scientia Agricola**, v. 57, p. 803-811, 2000.

DANTAS, L. A. **Desenvolvimento de um programa computacional dinâmico para simulação de secagem de grãos e sementes**. (Dissertação de mestrado em Engenharia Agrícola). 204f. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2007.

DJAMAN, K.; BALDE, A. B.; SOW, A.; MULLER, B.; IRMAK, S.; N'DIAYE, M. K.; MANNEH, B.; MOUKOUMBI, Y. D., FUTAKUCHI, K. & SAITO, K. Evapotranspiration methods under sahelian conditions in the Senegal River Valley. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 3, p. 139-159, 2015.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Statistical Pocketbook, world food and agriculture**. 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i4691e.pdf>>. Acesso em: 05 de abr. 2019.

FRIZZONE, J. A. **Os métodos de irrigação**. Departamento de Engenharia de Biosistemas, ESALQ/USP, 2017. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Frizzone/LEB_1571/TEXTOS_COMPLEMENTARES/LEB_1571_-_METODOS_DE_IRRIGACAO.pdf>. Acesso em: 05 de abr. 2019.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2009. 355 p.

MARQUES, P. A. A. **Desenvolvimento de um software para dimensionamento de irrigação por sulcos**. (Dissertação de Mestrado). Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2000. 84 p.

PORDEUS, R. V.; AZEVEDO, C. A. V.; DANTAS NETO, J.; LIMA, V. L. A.; AZEVEDO, M. R. Q. A.; MATOS, J. A. O modelo SASIS: Validação da simulação da irrigação por sulco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, p. 12-20, 2008.

REISDÖRFER, M. **Programa computacional (PROIRRIGA) para avaliação da uniformidade em irrigação por gotejamento e sua validação**. 113 f. (Dissertação de Mestrado em Engenharia). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel-PR, 2009.

RIBEIRO, P. G.; PEREIRA, I.; SANTOS, C. C. A.; FRANCO, C. S.; MARQUES, R. F. P. V. Sistema de Abastecimento e Qualidade da Água de Consumo do Alojamento, Iarem em Lavras – MG. **Sustentare**, v. 2, p. 1-19, 2018.

SHEN, Y.; LI, S.; CHEN, Y.; QI, Y.; ZHANG, S. Estimation of regional irrigation water requirement and water supply risk in the arid region of Northwestern China 1989-2010. **Agricultural Water Management**, v. 128, p. 55-64, 2013.

TESTEZLAF, R. **Irrigação: métodos, sistemas e aplicações**. Campinas: FEAGRI, 2017, 215 p.

VILAS BOAS, M. A.; RODRIGUES, V. M.; SAMPAIO, S. C. Programa Computacional para Simulação em irrigação por Sulcos. **INFOCOMP**, v. 5, p. 66-72, 2006.