

VARIAÇÃO TEMPORAL DOS PARÂMETROS DA EQUAÇÃO DE INFILTRAÇÃO DE KOSTIAKOV-LEWIS NA IRRIGAÇÃO POR SULCOS₁

Aristides Fraga Lima Filho₂ & Francisco de Souza₃

1 Este trabalho é parte integrante da dissertação de mestrado do primeiro autor, apresentada ao Departamento de Engenharia Agrícola da UFC, Fortaleza, CE

2 Prof. IFETBA, Doutorando UFRB, Cruz das Almas, E-mail:aristides@ifba.edu.br

3 Prof. Ph.D., Departamento de Engenharia Agrícola/UFC, Fortaleza, CE, E-mail:fsouza@ufc.br

RESUMO: Este trabalho apresenta a análise de seis irrigações realizadas na Fazenda Experimental do Vale do Curu, situada no município de Pentecoste, pertencente à Universidade Federal do Ceará, em solo Aluvial eutrófico de textura franco-arenosa. Foram utilizados três sulcos, sendo os testes realizados em um sulco central, ladeado por dois outros que serviram de bordadura. Os dados de campo foram coletados, analisados e conclui-se que os valores de a obtidos nas seis irrigações foram 0,02936; 0,02066; 0,17126; 0,20766; 0,16324 e 0,15534. Os valores de k obtidos nas irrigações foram diminuindo: 0,02155; 0,00956; 0,00817; 0,00692; 0,00691 e 0,00546 $\text{m}^3 \text{min}^{-1} \text{m}^{-1}$. Os parâmetros de infiltração básica f_0 encontrados foram 0,000227; 0,000080; 0,000031; 0,000010; 0,000042 e 0,000019 m/min, observando-se portanto uma diminuição ao longo das irrigações. O parâmetro a apresentou boa correlação linear com a vazão aplicada, $R^2 = 0,9109$, diferentemente dos parâmetros k e f_0 , cujos valores de R^2 são respectivamente 0,4106 e 0,4972.

Palavras-chave: infiltração, sulcos, Kostiakov-Lewis

TEMPORAL VARIATION OF THE PARAMETERS OF KOSTIAKOV-LEWIS INFILTRATION EQUATION FOR FURROW IRRIGATION

SUMMARY: This work presents analysis of six irrigations events carried at Universidade Federal do Ceará Experimental Farm of Curu valey located in Pentecoste (Ceara, Brazil). Three 100 m furrows and the tests were performed in a central one bordered two others. The field data were collected and the allowed to conclude that values of a obtained in the six irrigations events were 0.02936; 0.02066; 0.17126; 0.20766; 0.16324 and 0.15534. Values of k obtained from the irrigations were: 0.02155; 0.00956; 0.00817; 0.00692; 0.00691 and

0.00546 m³ min⁻¹ m⁻¹. The basic infiltration parameters f_0 were: 0.000227; 0.000080; 0.000031; 0.000010; 0.000042 and 0.000019 m/min, where there was a decreasing along the irrigation events. The parameter a showed a good linear correlation to the applied flow rate, $R^2 = 0.9109$, differently from parameters k and f_0 whose R^2 values were respectively 0.4106 and 0.4972.

KEY-WORDS: infiltration, furrow, Kostiakov-Lewis

INTRODUÇÃO: Em irrigação superficial a absorção de água é proporcional à taxa de infiltração no solo. A taxa de avanço também varia com a infiltração. Assim, a variabilidade da infiltração influencia grandemente na performance do sistema e consequentemente no manejo. A variabilidade temporal também tem sua influência na irrigação superficial. Tal variante requer ajustes na vazão, com intuito de manter uma aceitável performance. Vazões erosivas também podem causar variabilidade na infiltração da água no solo. Já as causas de variabilidade temporal estão relacionadas a mudanças estruturais no solo causadas pelo próprio cultivo da terra, consolidação pela alternância em umedecimento e secagem do solo e formação de selamento superficial devido à passagem de água pela superfície segundo JAYNES e CLEMMENS (1986), RAYEJ e WALLENDER (1987) e LETEY (1984) citados por TROUT, SOJKA e OKAFOR (1994). Para WALKER (1989) devido à complexidade da irrigação de superfície, o processo de avaliação da irrigação torna-se imprescindível na otimização dos recursos a serem aplicados na irrigação. Para CHILDS, WALLENDER e HOPMANS (1993) a taxa de infiltração da água no solo se modifica com o tempo e essas alterações refletem no dimensionamento dos sistemas. MERRIAM e KELLER (1978) fazem algumas observações quanto às possíveis modificações a serem feitas num sistema de irrigação em funcionamento: alterações na vazão aplicada, usar diferentes espaçamentos entre sulcos ou diferentes formatos e fazer reuso de água que seria perdida por escoamento superficial. WALKER (1989) apresenta alguns procedimentos a se tomar na avaliação da irrigação de superfície, como colher dados referentes às hidrógrafas de entrada e saída, conhecer o avanço e a recessão da água, verificar o teor de umidade do solo antes da irrigação, verificar o volume de água na superfície do solo nos vários tempos, conhecer a capacidade de infiltração do solo bem como a geometria da seção transversal da área de fluxo. ABDULAZIZ et alii (1988) apresentam soluções analíticas em irrigação de superfície considerando a taxa de infiltração como uma constante tanto temporal como espacial. De

acordo com PEREIRA (1995) em irrigação por superfície a água se move devido à ação da gravidade e a sua penetração no solo está associada ao seu próprio movimento. As performances em sistemas de superfície estão associadas tanto à variabilidade da rugosidade do solo como à microtopografia, e a variabilidade das características do solo determina a penetração e a redistribuição da água no perfil. CASTRO e SOUZA (2000) trabalhando com solo aluvial eutrófico compararam os parâmetros a e k com a vazão aplicada, na tentativa de se investigar as razões da sua variação durante quatro irrigações. Através de regressão linear e comparando-se a e Q_o verificaram que este parâmetro não é influenciado pela vazão, já que o coeficiente de determinação entre a e a vazão aplicada foi de 0,0256. A constante k também não apresentou boa correlação linear com a vazão, indicando que este parâmetro não é influenciado diretamente pela vazão; o coeficiente de determinação encontrado neste caso foi de 0,3652. Segundo WALER e SKOGERBOE (1987) uma equação mais geral, que define melhor o processo de infiltração é a equação de Kostiakov-Lewis modificada:

$$Z = kt^a + f_0 \cdot t \quad (1)$$

em que f_0 é a velocidade de infiltração básica da água no solo em unidades de volume por unidade de comprimento por unidade de tempo e largura; a e k são constantes empíricas e t é o tempo. A taxa de infiltração da água no solo obtida a partir da equação (2) é:

$$\frac{\partial Z}{\partial t} = I = a k t^{a-1} + f_0 \quad (2)$$

Este trabalho consistiu em avaliar as alterações ocorridas nos parâmetros da equação de infiltração de Kostiakov-Lewis modificada ao longo de seis irrigações num solo aluvial eutrófico sem cultura.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo apresenta a análise de seis irrigações realizadas na Fazenda Experimental do Vale do Curu, situada no município de Pentecoste, pertencente à Universidade Federal do Ceará, em solo Aluvial eutrófico de textura franco-arenosa com densidade global de $1,26 \text{ g cm}^{-3}$, capacidade de campo de 13,8% e ponto de murcha de 6,1%. A primeira irrigação, chamada de preliminar, foi feita para aplicação de uma lâmina de 35 mm de água, com turno de rega estabelecido de 7 dias, supondo uma evapotranspiração de 5 mm dia^{-1} , de maneira hipotética, pois o experimento foi conduzido sem cultura. Os parâmetros da equação de Kostiakov-Lewis foram determinados utilizando-se a metodologia dos dois pontos, descrita por ELLIOT e WALKER (1982), por apresentar bons resultados:

$$u = \frac{\ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right)}{\ln\left(\frac{T_1 - f_0}{T_2 - f_0}\right)} \quad (3)$$

$$k = \frac{vL}{S_z T_0 L} \quad (4)$$

$$V_L = \frac{Q_0 T_1}{L} - S_y A_0 \frac{f_0 T_1}{(1+r)} \quad (5)$$

$$V_{0,5L} = \frac{2Q_0 T_{0,5}}{L} - S_y A_0 \frac{f_0 T_{0,5}}{(1+r)} \quad (6)$$

Onde: S_z = fator de forma obtido com a equação (8) T_1 = tempo de avanço na extremidade final do sulco; $t_{0,5}$ tempo de avanço da água até a metade do sulco, Q = vazão, L = comprimento do sulco; S_y = fator de forma do perfil superficial; A_0 = área da seção transversal do sulco e r = expoente da equação abaixo:

$$x = p t^r \quad (7)$$

$$S_z = \frac{a+r(1-a)+1}{(1+r)(1+a)} \quad (8)$$

A velocidade de infiltração básica é obtida pela equação abaixo:

$$f_0 = \frac{(Q_0 - Q_{ro})}{L} \quad (9)$$

Onde Q_0 é a vazão na entrada do sulco e Q_{ro} é a vazão de run off (no final do sulco).

A área da seção molhada A_0 é obtida pela equação:

$$A_0 = \left[\frac{Q_0 m}{60 p 100 L} \right] \quad (10)$$

Sendo p_1 fator de forma do sulco e $S_{0,5}$ a declividade do sulco. O experimento consistiu em aplicar água no sulco-teste, com 100 metros de comprimento, declividade de $0,0023 \text{ m m}^{-1}$, espaçamento dos sulcos bordadura de 0,90 m. Foram anotados: os tempos de avanço e recessão, vazões de entrada e saída, perímetro molhado e altura da água dentro do sulco. Para a determinação do avanço foi cronometrado o tempo com auxílio de estacas colocadas a cada 10 m. A geometria do sulco foi determinada com régua milimetrada. Foi necessária a aplicação de herbicida para controlar as ervas daninhas que poderiam comprometer as medições de avanço da água e a medida de outros parâmetros. A água era conduzida até o experimento por um canal e deste para os sulcos utilizando-se sifões. Havia o inconveniente de não poder se controlar a vazão de entrada, pois não havia uma estrutura de controle que colocasse em campo a vazão calculada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na irrigação por sulcos ocorrem importantes modificações do ponto de vista da infiltração. A tabela 1 apresenta os dados referentes aos parâmetros da equação de Kostiakov-Lewis e as vazões aplicadas. Observamos que o parâmetro “a” apresentou menores modificações nas duas últimas irrigações. Percebe-se também a mesma

tendência com o parâmetro “k”. Sabe-se também que o solo em estudo é aluvial eutrófico com grande variabilidade espacial pela sua própria estrutura. Os valores de velocidade de infiltração básica foram diminuindo com as irrigações uma vez que há formação de um selamento superficial, pois foi observado no decorrer das irrigações que muitas partículas foram arrastadas por ação da vazão erosiva da água. A presença de ervas daninhas, que poderia interferir no avanço da água, foi controlada com herbicida, já que a utilização de enxada ou outro implemento poderia modificar muito a rugosidade da superfície do solo influenciando na obtenção dos parâmetros de infiltração da equação matemática trabalhada.

Tabela 1. Parâmetros da equação de Kostiaikov-Lewis nas seis irrigações e vazões de entrada.

Irrigações	Q_0 (L s ⁻¹)	a	K (m ³ min ^a m ⁻¹)	f_0 (m ³ min ⁻¹ m ⁻¹)
1	0,9117	0,02936	0,02155	0,000227
2	1,0330	0,02066	0,00956	0,000080
3	0,5483	0,17126	0,00817	0,000031
4	0,5505	0,20766	0,00692	0,000010
5	0,5765	0,16324	0,00691	0,000042
6	0,5078	0,15534	0,00546	0,000019
R ²		0,9109	0,4106	0,4972

Analisando-se o valor dos coeficientes de determinação com os parâmetros de infiltração com a vazão aplicada, através da regressão linear, notamos que o parâmetro “a” é influenciado pela vazão aplicada, pois seu coeficiente R² calculado foi de 0,9109. Já os coeficientes de determinação dos parâmetros “k” e “f₀” não apresentaram boa correlação linear com a vazão aplicada. Os valores de R² encontrados foram 0,4106 e 0,4972 respectivamente. Estes resultados diferem daqueles encontrados por CASTRO e SOUZA (2000), que não encontraram nenhuma correlação linear entre a vazão aplicada e as constantes *a*, *k* e *f₀*.

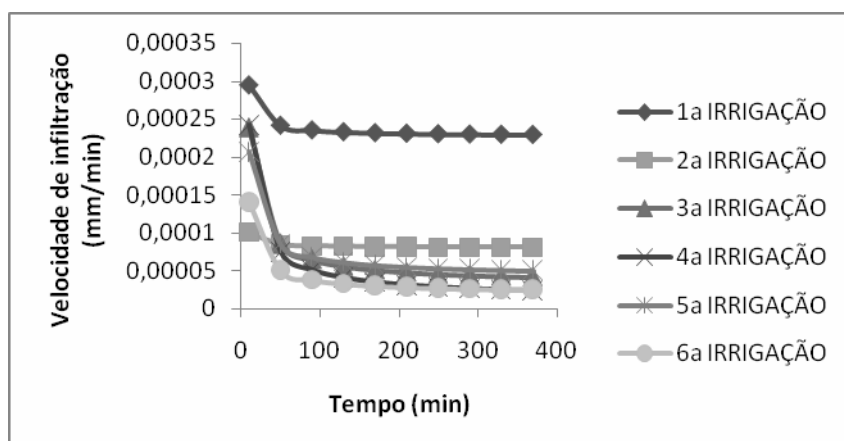


Figura 1 – Velocidade de Infiltração em função do tempo.

A figura 1 apresenta a velocidade de infiltração da água onde observa-se uma diferença acentuada entre a primeira irrigação e as irrigações subsequentes. Já entre a quarta e sexta irrigações percebe-se uma superposição dos dados principalmente para valores finais da curva, mostrando uma boa coincidência entre os dados.

CONCLUSÕES: O valor de a apresentou boa correlação linear com a vazão aplicada. A constante k não apresentou boa correlação linear com a vazão, o seu valor tendeu a diminuir ao longo das seis irrigações. O valor de f_o também diminuiu com o tempo, podendo-se dizer que a partir da terceira irrigação o seu valor manteve pouca variação. É possível que as ervas daninhas tenham influenciado no avanço da água mesmo tendo-se o cuidado de alterar o mínimo a superfície do solo. A formação de selamento superficial certamente foi responsável pelas modificações da infiltração ao longo das irrigações e consequentemente na obtenção dos parâmetros da equação de Kostiakev-Lewis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDULAZIZ, S. TURBAK, HUBERT, J. MOREL-SEYTUX. Analytical Solutions for surface irrigation. II Variable Infiltration Rate. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. V 114. N 1 p 31-43 1988.
- CASTRO, L.C.A e SOUZA, F.S. ANÁLISE DOS PARÂMETROS DA EQUAÇÃO DE INFILTRAÇÃO DE KOSTIAKOV-LEWIS NA IRRIGAÇÃO POR SULCOS. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.3, n.2, p.167-172, 1999
Campina Grande, PB, DEAg/UFPB.
- CHILDS, J.L., WALLENDER, W.W., HOPMANS, J.W. Spatial and Variation of Furrow Infiltration. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. V 119. N 1 p 74-90 1993.
- ELLIOT e WALKER, W.R. Field evaluation of furrow infiltration and advance functions. Transactions of the ASAE, v.25, n.2, p.396-400, 1982.
- MERRIAM, J.L., KELLER, J. Farm Irrigation System Evaluatio. A Guide for Management. Utah State University. Logan, USA. 271 p 1978.
- PEREIRA, L.S. Surface irrigation system. In: PEREIRA, L.S. (ed.) Sustainability of water resources utilization in agriculture. (1995)

TROUT, T. J., SOJKA, R. E. OKAFOR, L.I. Soi Management. In: G.J. Hofman, T.A. Howell, K.S. Solomon (ed). Management of Farm Irrigation Systems, St. Joseph, Mi. 1994. P873-896.

WALKER, W.R. Guidelines for designing and evaluation surface irrigation systems, Rome: FAO, 1989, 138p. FAO. Irrigation and Drainage, N. 45. (1989)

WALER, W. R.; SKOGERBOE, G.V. Surface irrigation: Theory and practice. New Jersey: Prentice-Hall, 1987. 386p.