

INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO INTERMITENTE SOBRE O AVANÇO E INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM SULCOS, NUM LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO ÁLICO

Geraldo Magela Pereira¹

Antonio Alves Soares²

Lairson Couto³

Reinaldo Lúcio Gomide⁴

Salassier Bernardo⁵

I RESUMO

Conduziu-se uma pesquisa para avaliar as características de avanço e infiltração de água em sulcos, num Latossolo Vermelho Escuro álico, utilizando-se irrigação contínua e intermitente. Foram testadas as vazões de 0,4; 0,8 e 1,2 l s⁻¹, bem como os tempos cíclicos de 20; 40 e 60 min, com taxa cíclica de 0,5.

A velocidade de avanço da água aumentou com a vazão de 0,4 l s⁻¹, nos três tempos cíclicos, e com a vazão de 0,8 l s⁻¹, nos tempos cíclicos de 40 e 60 min, em relação ao escoamento contínuo. Entretanto, não houve diferença entre os tempos de avanço, quando se fizeram irrigações contínua e intermitente, com a vazão de 1,2 l s⁻¹. Na primeira aplicação de água nos sulcos, os efeitos da irrigação intermitente foram mais acentuados. Os volumes de água aplicada, para a conclusão

do avanço, foram menores no escoamento intermitente, com a vazão de 0,8 l s⁻¹ e nos tempos cíclicos de 40 e 60 min.

II INTRODUÇÃO

A irrigação por sulcos, um método bastante utilizado no Brasil, normalmente apresenta baixa eficiência de aplicação nos perímetros irrigados, em razão de manejo ou dimensionamento inadequados.

As perdas de água na irrigação por sulcos são por escoamento superficial, no final da área, e por percolação profunda. A redução dessas perdas constitui um dos maiores desafios para bom manejo de um sistema de irrigação por sulco, especialmente em solos de textura leve ou bastante estruturados, como alguns latossolos. A perda por percolação poderá acarretar lixiviação de nutrientes, elevação do lençol freático e possível salinização da área irrigada, além de onerar os custos de produção. O bom manejo da irrigação por sulcos depende de se conseguir o mínimo de perda por escoamento superficial e por percolação profunda, aplicando-se a lâmina necessária no final da área (DONEEN *et alii*, 1984; GOLDMER *et alii*, 1987).

Embora o método de irrigação por sulco seja recomendado para áreas onde a velocidade de infiltração é baixa, está sendo

1 Eng. Agrícola, M.Sc., Doutorando em Irrigação e Drenagem da UFV, 36570-000 Viçosa, MG

2 Eng. Agrícola, Ph.D., Prof. Adjunto do Dep. de Eng. Agrícola da UFV, 36570-000 Viçosa, MG

3 Eng. Agrônomo, Ph.D., Pesquisador do CNPMS/EMBRAPA, 35700-000 Sete Lagoas, MG

4 Eng. Agrônomo, Ph.D., Pesquisador do CNPMS/EMBRAPA, 35700-000 Sete Lagoas, MG

5 Eng. Agrônomo, Ph.D., Prof. Titular do Dep. de Eng. Agrícola da UFV, 36570-000, Viçosa, MG

muito comum o uso desse método na região dos cerrados, onde os solos apresentam, na maioria das vezes, alta capacidade de infiltração. Isso, certamente, deve-se ao fato de tal método estar entre os de menor custo, adaptando-se também a quase todas as culturas (SILVA *et alii*, 1984).

Uma das últimas técnicas desenvolvidas para se fazer irrigação por superfície, que, em alguns solos, proporciona aumento na eficiência e uniformidade de distribuição, denomina-se irrigação com aplicação intermitente (TESTEZLAF, 1986). Essa técnica foi primeiramente sugerida por Stringham e Keller (WALKER e SKOGERBOE, 1984).

No escoamento intermitente é criada uma condição de alternância na aplicação da água nos sulcos. O tempo cíclico é definido como o período requerido para um ciclo completo, ou seja, os tempos de aplicação e corte de água, que podem variar de alguns minutos até horas. BISHOP *et alii* (1981) recomendaram um tempo cíclico entre 10 e 60 minutos. Já a taxa cíclica é definida como a fração do tempo cíclico em que o sistema aplica água aos sulcos.

Segundo COOLIDGE *et alii* (1982), as duas maiores vantagens do escoamento intermitente são a economia na aplicação de água durante a fase de avanço e a possibilidade de redução da vazão média, quando o avanço é completado, simplesmente aumentando o tempo em que o sistema fica desligado durante determinado pulso.

Stringham e Keller, citados por TESTEZLAF (1986), concluíram que a velocidade de avanço da água nos sulcos, com aplicação intermitente, foi de 30 a 40% maior

que nos sulcos onde se utilizou a aplicação contínua. Em um dos testes, a irrigação intermitente proporcionou uma redução de 33% do volume de água aplicado.

Segundo WALKER e SKOGERBOE (1984), o escoamento intermitente reduz significativamente a infiltração de água nos sulcos, provavelmente em razão do desenvolvimento acelerado de uma pequena camada superficial de partículas mais finas de solo, criada pelo movimento da água. Durante o período de drenagem, o aumento gradativo das pressões negativas consolida essa fina camada, reduzindo a permeabilidade do solo. Pela redução das taxas de infiltração, a duração da fase de avanço diminui, melhorando o desempenho do sistema.

AZEVEDO (1989) trabalhou com irrigação por sulco em um solo aluvial eutrófico, de textura média, com camada arenosa. Concluiu que não houve vantagem da aplicação intermitente em relação à aplicação contínua.

Considerando a necessidade de estudar a irrigação com aplicação intermitente em latossolos, onde grande parte dos projetos de irrigação por sulcos no Brasil está implementada, como possível alternativa para melhorar a eficiência desses projetos, desenvolveu-se o presente trabalho, com o seguinte objetivo: comparar os tempos de avanço e as características de infiltração da água em sulcos, obtidos sob regime de escoamentos intermitente e contínuo, num Latossolo Vermelho-Escuro álico.

III MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS/EMBRAPA), localizado no município de Sete Lagoas, MG.

Trabalhou-se em um Latossolo Vermelho-Escuro álico, fase cerrado, classificado como muito argiloso, com porosidade total média de 55,7 a 60,3%, massa específica do solo de $1,0 \text{ g cm}^{-3}$, massa específica das partículas de $2,53 \text{ g cm}^{-3}$ e umidade (em peso) de 38,1; 29,8 e 24,3%, correspondentes aos potenciais matriciais de -0,01, -0,07 e -1,5 MPa, respectivamente, o que resultou numa disponibilidade total de água de $1,38 \text{ mm cm}^{-1}$ de solo.

O sulcamento, a adubação e o plantio do milho (*Zea mays*, L.), cultivar BR 201, foram realizados numa operação simultânea, no dia 21 de agosto de 1990. Os sulcos, espaçados de um metro, ficaram com profundidade média de 10,5 cm, largura de 41 cm na parte superior, comprimento de 90 m e declividade de 0,65%.

O experimento constou de 12 tratamentos, cada um composto de cinco sulcos (três para medição e dois para bordadura), simulando as condições reais de irrigação no campo.

Trabalhou-se com três vazões (0,4; 0,8 e $1,2 \text{ l s}^{-1}$) e quatro tipos de aplicação de água, sendo uma contínua e três intermitentes, nos tempos cíclicos de 20, 40 e 60 min e com taxa cíclica de 0,5. A vazão de entrada nos sulcos era controlada por tubo janelado, previamente calibrado em laboratório. A vazão de entrada e saída dos sulcos foi medida com calhas WSC.

O perfil médio dos sulcos foi determinado, antes e após cada irrigação nos três sulcos de cada tratamento, por meio de um perfilômetro, com leituras tomadas nas estacas de 30, 50 e 70 m.

Em cada irrigação eram medidos os tempos de avanço e de recessão, em cada uma das três repetições, ajustando-se as respectivas equações. Nos tratamentos com escoamento intermitente, o ajuste das equações de avanço e recessão era feito para cada pulso, isoladamente.

Com os dados de avanço de água no sulco, ajustaram-se as equações de infiltração, utilizando-se o modelo do balanço volumétrico (WALKER e SKOGERBOE, 1984):

Em cada irrigação, utilizou-se o tempo de aplicação correspondente ao necessário para a aplicação contínua, determinado pelo modelo do balanço volumétrico. No dimensionamento da primeira irrigação, utilizou-se a equação de infiltração determinada em testes anteriores ao plantio com o infiltrômetro de sulco. No dimensionamento da segunda e da terceira irrigação, consideraram-se as equações de infiltração geradas, para cada tratamento, pelas avaliações da primeira e da segunda irrigação, respectivamente.

A umidade média do solo, antes da primeira irrigação, na profundidade de 0 a 20 cm, foi determinada pelo método gravimétrico, com quatro repetições. A lâmina de água aplicada foi de 20 mm, para elevar a umidade do solo até a capacidade de campo.

A irrigação do primeiro tratamento foi efetuada um dia após o plantio, e os demais

tratamentos foram irrigados consecutivamente.

Instalaram-se 24 tensiômetros, na profundidade de 20 cm, sendo dois por tratamento. A segunda e a terceira irrigação foram efetuadas quando o potencial matricial era de, aproximadamente, 0,06 MPa, o que conduziu a uma lâmina de irrigação de 15 mm.

IV RESULTADOS E DISCUSSÃO

Encontram-se no Quadro 1 os tempos gastos para a conclusão da fase de avanço, nas três irrigações consecutivas, para os escoamentos contínuo e intermitente, nos tempos cíclicos de 20, 40 e 60 min e com vazões de 0,4; 0,8 e $1,2 \text{ l s}^{-1}$. Conforme pode ser observado, na primeira irrigação, no tempo cíclico de 20 min e com vazão de $0,8 \text{ l s}^{-1}$, a frente de avanço não atingiu o final do sulco, enquanto o escoamento contínuo atingiu-o em 120 min.

Ainda na primeira irrigação, analisando os tempos cíclicos de 40 e 60 min (Quadro 1), observa-se que, com a vazão de $0,8 \text{ l s}^{-1}$, os tempos de avanço no escoamento intermitente foram 37 e 38% menores, respectivamente, quando comparados com o escoamento contínuo; já com a vazão de $1,2 \text{ l s}^{-1}$, os tempos de avanço nos escoamentos contínuo e intermitente foram praticamente iguais.

Observando-se os tempos de avanço na segunda irrigação (Quadro 1), constata-se que houve redução significativa nesses, com relação aos obtidos na primeira irrigação, nas mesmas vazões. Esse fato comprova que a primeira irrigação é a mais crítica, no que se refere ao avanço da água nos sulcos. Com o

tempo cíclico de 20 min e vazão de $0,8 \text{ l s}^{-1}$, novamente a frente de avanço não atingiu o final do sulco. Analisando os tempos cíclicos de 40 e 60 min (segunda irrigação), observa-se que, com a vazão de $0,8 \text{ l s}^{-1}$, os tempos de avanço no escoamento intermitente foram 31 e 23% menores, respectivamente, quando comparados com o escoamento contínuo. Novamente com a vazão de $1,2 \text{ l s}^{-1}$, quanto aos tempos de avanço, o escoamento intermitente não resultou em nenhuma vantagem sobre o contínuo.

Na terceira irrigação, observando-se os tempos de avanço (Quadro 1), notam-se pequenas diferenças em relação à segunda, com as vazões correspondentes. Provavelmente, a partir da terceira irrigação, as características de infiltração da água no solo permaneceriam praticamente constantes, quer no escoamento intermitente quer no contínuo.

Possivelmente o baixo desempenho do tempo cíclico de 20 min, com a vazão de $0,8 \text{ l s}^{-1}$, nas três irrigações realizadas, deveu-se, principalmente, a dois fenômenos: o primeiro é o "Requerimento de Armazenamento Inativo", citado por COOLIDGE *et alii* (1982), que é mais acentuado com o uso de menores tempos cíclicos. Esse armazenamento significa o volume de água que deve preencher as áreas de armazenamento do sulco e sua seção transversal, antes que o escoamento possa avançar sobre sua porção seca. Essas zonas de acumulação da superfície dos sulcos são causadas pelas rugosidades e irregularidades dos sulcos. O segundo fenômeno refere-se ao fato de que o efeito do selamento da superfície do solo, com a aplicação dos pulsos, sobre a capacidade de infiltração foi inferior ao efeito causado pelo aumento do

QUADRO 1 - Tempo gasto na finalização da fase de avanço em três irrigações consecutivas, nos escoamentos contínuo e intermitente.

Irrigação	Vazão (l s ⁻¹)	Tempo de avanço (min)			
		Escoamento contínuo	Escoamento intermitente Tempo Cíclico		
			20 min	40 min	60 min
1	0,40	*	*	*	*
	0,80	120	*	76	74
	1,20	40	38	38	40
2	0,40	*	*	*	*
	0,80	78	*	54	60
	1,20	30	29	31	30
3	0,40	*	*	*	*
	0,80	75	*	58	60
	1,20	30	30	**	30

* A fase de avanço não foi completada.
** Tratamento não-testado, em razão de problemas no bombeamento.

gradiente hidráulico durante os intervalos de tempo em que a água não era aplicada, conforme SAMANI *et alii* (1985).

Nas três irrigações realizadas, com a vazão de 1,2 l s⁻¹, os tempos de avanço foram praticamente iguais nos escoamentos contínuo e intermitente. Possivelmente, isso deveu-se ao fato de a fase de avanço ter-se encerrado após a aplicação de poucos pulsos nas irrigações intermitentes, assemelhando-se, assim, ao escoamento contínuo.

Os tempos de irrigação e as distâncias alcançadas pela água nos sulcos, ao fim das irrigações, no escoamento contínuo, com as vazões de 0,4; 0,8 e 1,2 l s⁻¹, em três irrigações consecutivas, encontram-se no **Quadro 2**, bem como o número de pulsos e as respectivas distâncias alcançadas pela água, nas irrigações intermitentes, com tempos cíclicos de 20; 40 e 60 min.

Observa-se, no **Quadro 2**, que as irrigações realizadas com a vazão de 0,4 l s⁻¹ não atingiram o final do sulco em nenhuma das três irrigações, tanto no escoamento

QUADRO 2 - Tempo de irrigação do escoamento contínuo, número de pulsos do escoamento intermitente e as respectivas distâncias alcançadas pela água nos sulcos ao fim das irrigações.

Irri- gação	Vazão (l s ⁻¹)	Escoamento contínuo		Escoamento intermitente Tempo cíclico					
		Tempo (min)	Dist. (m)	20 min		40 min		60 min	
				Pulso (num.)	Dist. (m)	Pulso (num.)	Dist. (m)	Pulso (num.)	Dist. (m)
1	0,40	120	39	12	45	6	52	4	47
	0,80	125	90	12	80	4	90	3	90
	1,20	45	90	4	90	2	90	2	90
2	0,40	120	47	12	55	6	60	4	57
	0,80	88	90	9	80	3	90	2	90
	1,20	40	90	3	90	2	90	1	90
3	0,40	120	60	12	59	6	66	4	64
	0,80	85	90	9	80	3	90	2	90
	1,20	40	90	3	90	*	*	1	90

* Tratamento não-testado, em razão de problemas no bombeamento.

contínuo quanto no intermitente, e que as distâncias máximas atingidas pela frente de avanço foram maiores no escoamento intermitente, exceto com o tempo cíclico de 20 min, na terceira irrigação. As irrigações com esta vazão foram encerradas após a aplicação da água nos sulcos, por 120 min, para não estendê-las demasiadamente.

Os volumes de água aplicada nos sulcos, para a conclusão da fase de avanço, são apresentados no Quadro 3. Observa-se que, na primeira irrigação com a vazão de 0,8 l s⁻¹

e tempos cíclicos de 40 e 60 min, a fase de avanço foi concluída com uma economia de água de 37 e 38%, respectivamente, quando comparada com o escoamento contínuo. Na segunda irrigação, uma vez que os tempos de avanço foram inferiores aos da primeira, também os volumes de água aplicada, para a conclusão da fase de avanço, foram inferiores. Novamente com a vazão de 0,8 l s⁻¹ e tempos cíclicos de 40 e 60 min, a fase de avanço foi concluída com uma economia de água de 31 e 23%,

QUADRO 3 - Volumes de água aplicada para a conclusão da fase de avanço, nas três irrigações consecutivas, com as vazões de 0,80 e 1,20 $l s^{-1}$, em condições dos escoamentos contínuo e intermitente.

Irrigação	Lâmina aplicada (mm)	Vazão ($l s^{-1}$)	Volumes de água aplicada (l)			
			Escoamento contínuo	Escoamento intermitente		
				Tempo cíclico		
			20 min	40 min	60 min	
1	20	0,80	5.760	*	3.648	3.552
1	20	1,20	2.880	2.736	2.736	2.880
2	15	0,80	3.744	*	2.592	2.880
2	15	1,20	2.160	2.088	2.232	2.160
3	15	0,80	3.600	*	2.784	2.880
3	15	1,20	2.160	2.160	**	2.160

* A fase de avanço não foi completada.
 ** Tratamento não-testado, em razão de problemas no bombeamento.

respectivamente, comparada ao escoamento contínuo.

Com relação aos volumes de água aplicada, para concluir a fase de avanço na terceira irrigação, com a vazão de $0,8 l s^{-1}$ e tempos cíclicos de 40 e 60 min, a economia de água foi de 23 e 20%, respectivamente.

Entretanto, como era esperado, com a vazão de $1,2 l s^{-1}$, os volumes de água aplicada para concluir a fase de avanço foram praticamente iguais nos escoamentos contínuo e intermitente, nas três irrigações.

Analisando os resultados anteriores, verifica-se que a vantagem do escoamento intermitente foi reduzida da primeira para a terceira irrigação.

Algumas curvas da velocidade de infiltração da água no solo, representativas da vazão de $0,8 l s^{-1}$, nas três irrigações consecutivas, no escoamento intermitente, com os tempos cíclicos de 20; 40 e 60 min, encontram-se nas Figuras 1 a 4.

Observa-se que, no tempo cíclico de 20 min, a velocidade de infiltração da água no solo aumenta em alguns pulsos subseqüentes ao primeiro (Figuras 1 e 2), sugerindo que o efeito do aumento do gradiente hidráulico, durante os intervalos de tempo em que a água não era aplicada, foi superior ao do selamento da superfície do solo. Isso explica o resultado do tempo cíclico de 20 min, em que a irrigação intermitente não proporcionou vantagens sobre a contínua. Entretanto, nos tempos cíclicos de 40 e 60 min, a velocidade de

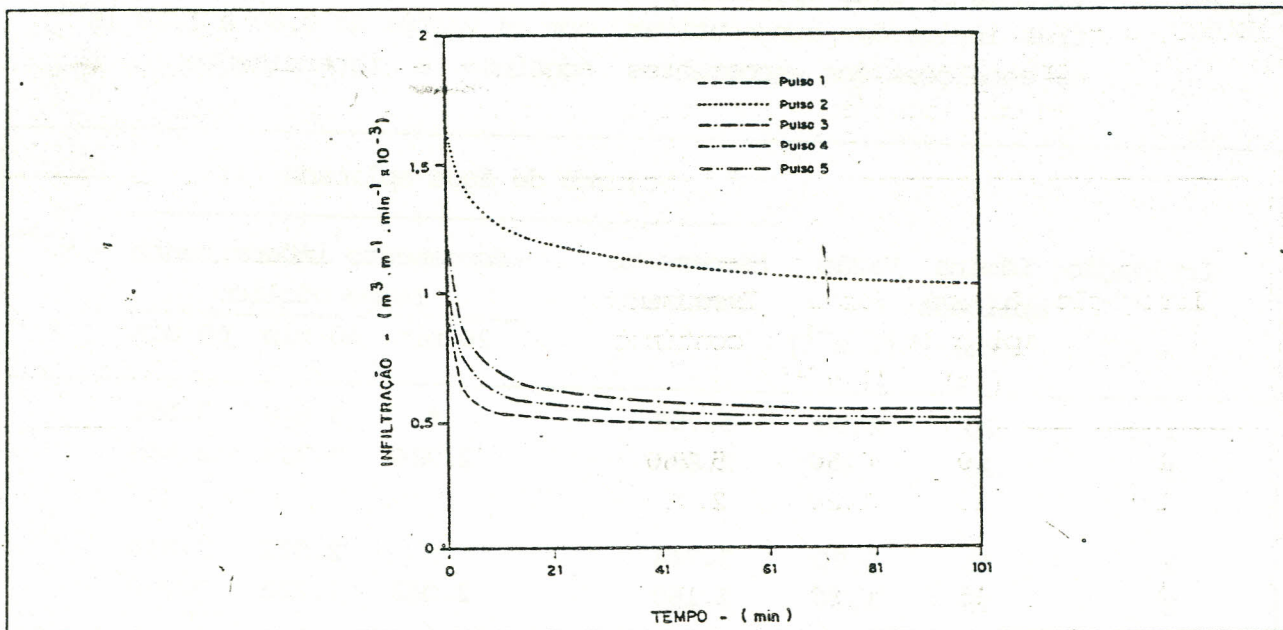


FIGURA 1 - Velocidade de infiltração da água no solo, com a vazão de $0,80 \text{ l s}^{-1}$, no escoamento intermitente, com tempo cíclico de 20 min, em cinco pulsos consecutivos, nas condições da primeira irrigação.

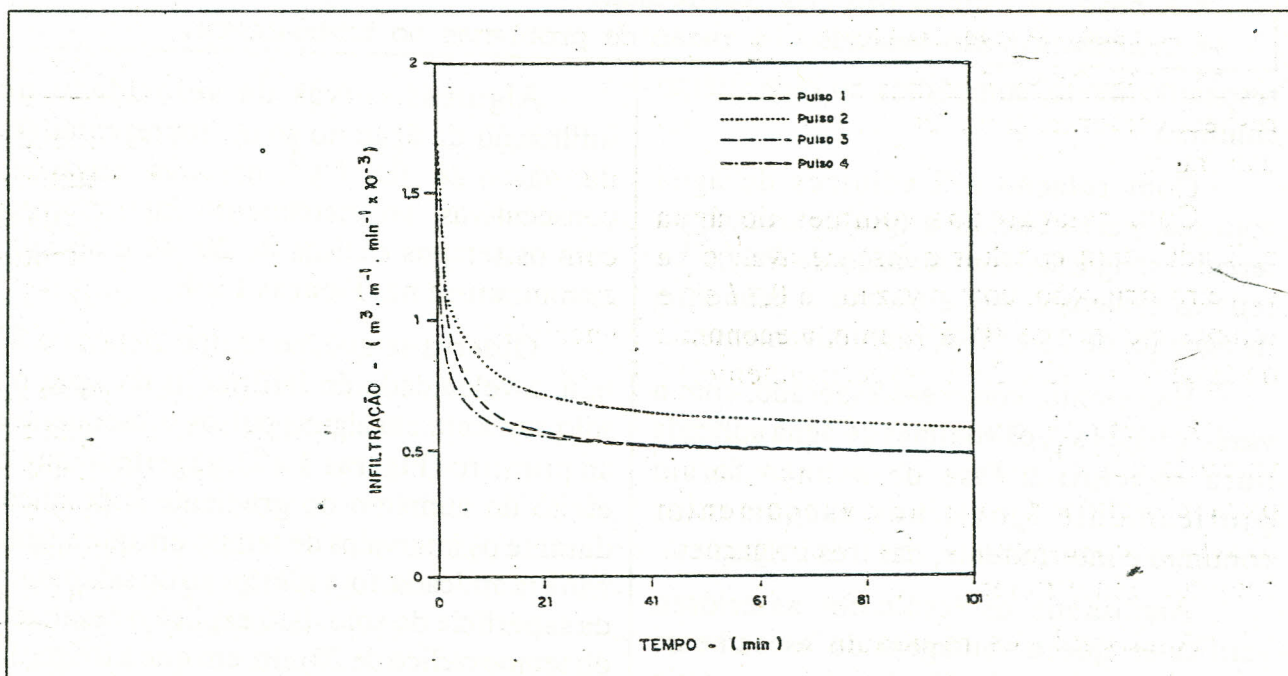


FIGURA 2 - Velocidade de infiltração da água no solo, com a vazão de $0,80 \text{ l s}^{-1}$, no escoamento intermitente, com tempo cíclico de 20 min, em quatro pulsos consecutivos, nas condições da segunda irrigação.

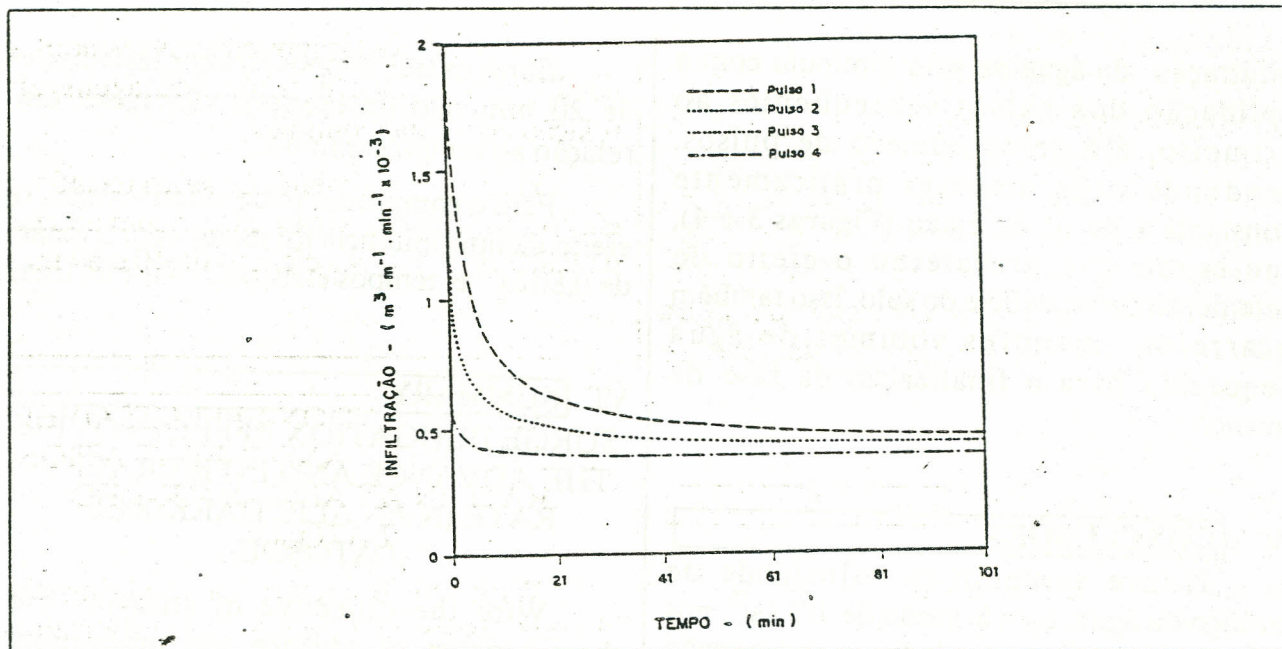


FIGURA 3 - Velocidade de infiltração da água no solo, com a vazão de $0,80 \text{ l s}^{-1}$, no escoamento intermitente, com tempo cíclico de 40 min, em quatro pulsos consecutivos, nas condições da primeira irrigação.

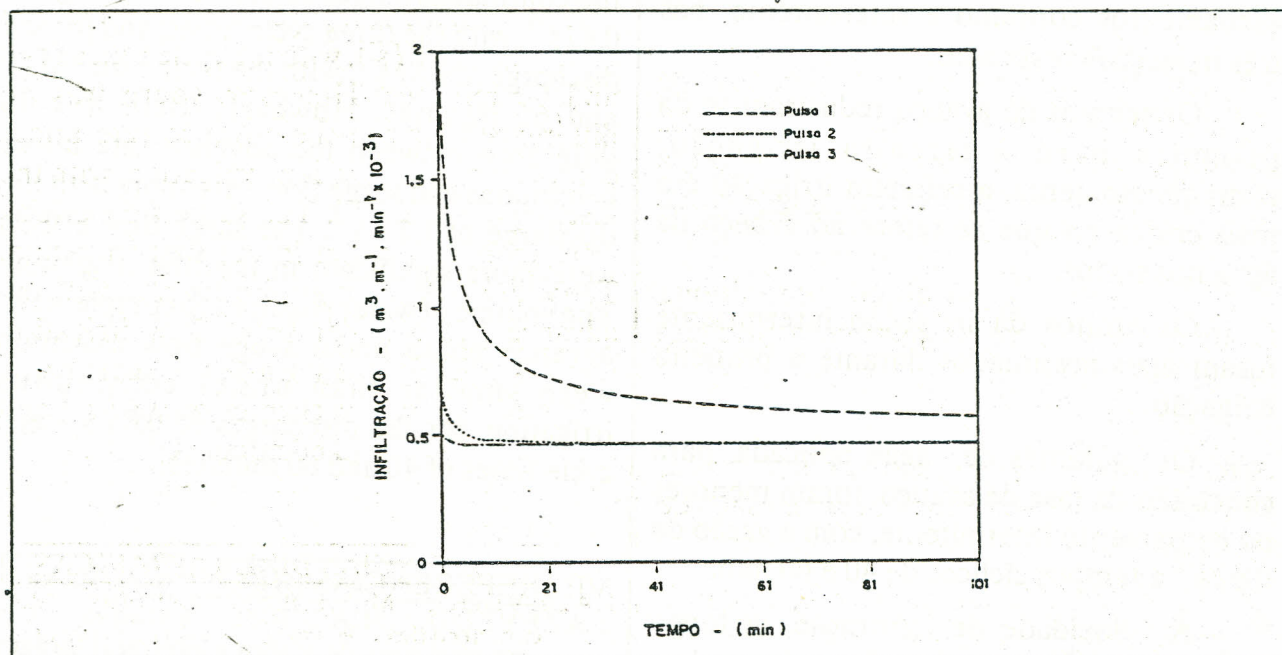


FIGURA 4 - Velocidade de infiltração da água no solo, com a vazão de $0,80 \text{ l s}^{-1}$, no escoamento intermitente, com tempo cíclico de 60 min, em três pulsos consecutivos, nas condições da primeira irrigação.

infiltração da água no solo diminuiu com a aplicação dos pulsos subseqüentes ao primeiro, até certo número de pulsos, tendendo a permanecer praticamente constante a partir de então (Figuras 3 e 4), indicando que prevaleceu o efeito do selamento da superfície do solo. Isso também acarretou menores volumes de água requerida para a finalização da fase de avanço.

V CONCLUSÕES

Houve aumento na velocidade de avanço da água, com a vazão de $0,4 \text{ l s}^{-1}$, nos três tempos cíclicos estudados, e com a vazão de $0,8 \text{ l s}^{-1}$, nos tempos cíclicos de 40 e 60 min, em relação ao escoamento contínuo.

Com a vazão de $1,2 \text{ l s}^{-1}$, os tempos de avanço foram praticamente iguais nos escoamentos contínuo e intermitente, nas três irrigações realizadas.

Os tempos de avanço reduziram-se da primeira para a terceira irrigação; conseqüentemente, a primeira irrigação é a mais crítica no que se refere ao avanço da água nos sulcos.

Os efeitos da irrigação intermitente foram mais acentuados durante a primeira irrigação.

Os volumes de água aplicada, para conclusão da fase de avanço, foram menores no escoamento intermitente, com a vazão de $0,8 \text{ l s}^{-1}$ e tempos cíclicos de 40 e 60 min.

A velocidade de infiltração, ao longo do sulco, diminuiu de pulso para pulso, principalmente nos tempos cíclicos de 40 e 60 min.

Entre os três tempos cíclicos testados, o de 20 min não apresentou vantagens em relação ao tempo contínuo.

Para o comprimento de sulco testado, o efeito da intermitência foi maior com a vazão de $0,8 \text{ l s}^{-1}$ e tempos cíclicos de 40 e 60 min.

VI SUMMARY

SURGE IRRIGATION EFFECTS OVER THE ADVANCE AND INFILTRATION RATE IN AN ALIC DARK-RED LATOSOL .

With the objective of studying the characteristics of advance and infiltration, tests were ran with the discharges of 0,4, 0,8 and $1,2 \text{ l s}^{-1}$, cycle times of 20, 40 and 60 minutes and cycle ratio of 0,5. The advance rate under surge irrigation was greater than in the continuous irrigation for the discharge of $0,4 \text{ l s}^{-1}$, with the three cycle times, and for the discharge of $0,8 \text{ l s}^{-1}$, with the cycle times of 40 and 60 minutes. However, there was no difference between the advance rate under continuous and surge flow irrigation, with the discharge of $1,2 \text{ l s}^{-1}$. The surge flow effects were more significant in the first irrigation. The volume of water required to complete the advance phase under surge flow irrigation were smaller than under continuous irrigation, for the discharges of $0,8 \text{ l s}^{-1}$ and cycle times of 40 and 60 minutes.

VII REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AZEVEDO, M.A.S.B.de. Estudos das características de avanço e infiltração da água em sulcos, num solo Aluvial eutrófico, para os escoamentos contínuo e intermitente. Viçosa: UFV, 1989. 105 p. (Tese M.S.).

2. BISHOP, A.A.; WALKER, W.R.; ALLEN, N.L.; POOLE, G.J. Furrow advance rates under surge flow systems. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*. ASCE, 107: 257-264, 1981.
3. COOLIDGE, P.S.; WALKER, W.R.; BISHOP, A.A. Advance and runoff surge flow furrow irrigation. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*. ASCE, 108: 35-42, 1982.
4. DONEEN, L.D.; WESTCOT, D.W. *Irrigation Practice and Water Management*. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1984. 63 p.
5. GOLDHAMER, D.A.; ALEMI, M.H.; PHENE, R.C. Surge vs continuous flow irrigation. *California Agriculture*, 41, (5): 29-32, set./ out., 1987.
6. PEREIRA, G. M. Estudos das características de avanço e infiltração da água em sulcos, em um Latossolo Vermelho-Escuro álico, com aplicação de água contínua e intermitente. Viçosa: UFV, 1991. 84 p. (Tese M.S.).
7. SAMANI, Z. A.; WALKER, W. R.; WILLARDSON, L. S. Infiltration under surge flow irrigation. *Trans. of Am. Soc. of Ag. Engr.*, 28 (5) : 1539-1542, 1985.
8. SILVA, C. L.; VIANA, R. M.; SALES, J. G. C. Eficiência de irrigação por sulcos em um solo sob cerrado. *Revista Item*, Brasília, (17): 27-33, 1984.
9. TESTEZLAF, R. Fluxo intermitente: uma nova idéia em irrigação superficial. *Revista Item*, Brasília, (24) 2-3, 1986.
10. WALKER, W. R.; SKOGERBOE, G. V. *The theory and practice of surface irrigation: a guide for study in surface irrigation engineering*. Logan, Utah, 1984. 470 p.