

**EFEITOS DA CARGA HIDRÁULICA, DA PROFUNDIDADE
DE INSTALAÇÃO DO CILINDRO INTERNO E DO
DIÂMETRO DO CILINDRO EXTERNO NA
DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE
DE INFILTRAÇÃO BÁSICA PELO
INFILTRÔMETRO DE ANEL***

Sizernando Luiz de Oliveira
Salassier Bernardo
Peter John Martyn
Alcides Reis Condé
Gilberto Chohaku Sediyyama**

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, grande atenção tem sido dispensada às atividades de manejo e conservação da água, tais como irrigação, drenagem, prevenção contra enchentes e controle da erosão. Um planejamento realista dessas atividades requer informações precisas dos valores da velocidade de infiltração de diferentes solos. Sabe-se que a velocidade com que a água se infiltra no perfil de um solo varia de acordo com os tipos de solo (6) e que, para um mesmo solo, varia de acordo com o teor de umidade durante a infiltração, com o manejo e com as práticas culturais empregadas (11).

Segundo DAKER (6) e BYRNES (4), o conhecimento da velocidade de infiltração, ou seja, o volume de água que penetra na superfície do solo por unidade de área e por unidade de tempo, é muito útil ou mesmo imprescindível para projetar-se e efetuar-se uma irrigação, objetivando-se obter maior rendimento econômico e maior produção das culturas a serem irrigadas.

A maior parte dos métodos atualmente empregados na determinação da velocidade de infiltração dos solos não é, em geral, coerente com o método de irrigação a ser aplicado, e, freqüentemente, dá resultados pouco preciosos (11).

RIQUELME (13), estudando a velocidade de infiltração para projetar um sistema de irrigação, concluiu que é necessário conhecê-la bem, assim como ao método empregado na sua determinação, em razão da grande variação dos resultados.

Tisdall, citado por PARR e BERTRAND (11), investigou a influência do umedecimento prévio do solo sobre a velocidade de infiltração. Observou que em solos

* Parte da tese apresentada, pelo primeiro autor, à Universidade Federal de Viçosa, como exigência do Curso de Engenharia Agrícola, para obtenção do grau de «Magister Scientiae».

Recebido para publicação em 24-07-1977.

** Respectivamente, Pesquisador da EMBRAPA, Professor Adjunto, Professor Adjunto, Professor Titular e Professor Assistente na U.F.V.

mais secos a velocidade de infiltração inicial era bastante alta e que no solo ume-decido quanto maior fosse o tempo de aplicação da água menor efeito teria sobre a velocidade durante as primeiras horas de infiltração. O teor de umidade no solo seria, provavelmente, o principal fator a influir na velocidade de infiltração inicial.

BERTONI *et alii* (3) observaram, nos Estados Unidos, que a velocidade de infiltração varia de acordo com a estação do ano. Embora tenham estudado apenas a velocidade de infiltração final, os dados mostraram um aumento gradual de março até meados de junho, daí aumentando, repentinamente, até o fim de julho, seguindo-se um decréscimo até outubro. Verificaram que a mais alta velocidade de infiltração ocorreu durante o mês de julho, quando comparada com os meses de primavera e outono. Isto provavelmente em razão do aumento da cobertura vegetal, que protegeu a superfície do solo.

Usando água gelada, água à temperatura ambiente (água de torneira) e água quente, correspondendo, respectivamente, às temperaturas de 0,5°C, 19°C e 37°C, LEWIS e POWERS (9) concluíram que a água a 37°C infiltra-se mais rapidamente nos primeiros 10 cm do solo. Os mesmos autores estudaram também o efeito da carga hidrostática e o efeito da duração da aplicação no teste de infiltração da água no solo. Os resultados desse estudo mostram pequena diferença na velocidade de infiltração para cargas hidrostáticas de 2,5 cm e 91,5 cm, muito embora a velocidade de infiltração mostrasse um decréscimo com o tempo de aplicação, para ambas as cargas hidrostáticas.

Em estudos conduzidos com modelos de infiltrômetro de anel, para verificar seu desempenho em condições de solo com baixo a moderado teor de umidade, ARONOVICE (1) observou um aumento quase linear na velocidade de infiltração quando utilizou maiores cargas hidrostáticas nos testes de infiltração. No mesmo estudo, o autor observou que a velocidade de infiltração decresceu com o aumento do diâmetro do anel, obedecendo à relação de 1,3 cm/h para cada 2,5 cm de aumento do diâmetro do anel, até um aumento de 10 cm. Além dos 10 cm, para cada 2,5 cm de aumento do diâmetro a velocidade de infiltração decresce de 0,05 cm/h.

Muitos outros pesquisadores, como Shiff, citado por ERIE (7) e PHILLIP (12), observaram que o aumento da velocidade de infiltração é diretamente proporcional ao aumento da carga hidrostática usada. Contudo, esses autores acrescentam que o efeito da lâmina d'água na superfície do solo sobre a velocidade de infiltração decresce, gradualmente, com o tempo, tornando-se desprezível quando o tempo aumenta indefinidamente.

De acordo com BERNARDO (2), na determinação da velocidade de infiltração com infiltrômetro de anel a lâmina d'água deve ficar 5,0 cm acima do solo, o que permite uma oscilação de mais ou menos 1,0 cm.

Para determinação da velocidade de infiltração com o infiltrômetro de anel ISRAELSEN (8) recomenda, para o cilindro, uma profundidade de 15 cm, aproximadamente.

SHULL (14), estudando a influência da profundidade de instalação do infiltrômetro de anel na determinação da velocidade de infiltração final, fez a profundidade de variar de 6,0 a 24,0 cm, sendo que a 6,0 cm obteve, no intervalo de 240 a 1.100 minutos de teste, uma velocidade de 2,23 cm/h; a 24,0 cm, no mesmo intervalo, obteve uma velocidade de infiltração de 0,4 cm/h, 5 vezes menor, portanto.

Trabalhando com o infiltrômetro cilíndrico de anéis concêntricos de carga constante para determinação da velocidade de infiltração básica (VIB) em solos de terraço da bacia do Rio Turvo Sujo, MONTENEGRO (10) utilizou profundidade de instalação do cilindro interno de 5,0 cm e carga hidrostática de 10,0 cm, a qual foi mantida constante. O autor concluiu que a velocidade de infiltração básica na parte superior da bacia foi maior que nas partes mediana e inferior. Segundo o mesmo autor, os valores de VIB variam de 2,0 a 64,0 cm/h em toda a bacia estudada.

Haise *et alii*, citados por PARR E BERTRAND (11), estudaram não só a forma como também o modo de usar os infiltrômetros cilíndricos para determinação da velocidade de infiltração, com relação às características de cada solo. Observaram, também, que deve haver muito cuidado na escolha e seleção do local, na operação do equipamento e na obtenção dos dados.

Para desenvolver métodos mais eficientes, as pesquisas são indispensáveis como recurso para determinação da velocidade com que a água penetra no perfil do solo. Haverá, então, maior economia e efetividade no uso da água, haja vista que esse fator é limitante em algumas partes do nosso País.

O presente estudo teve como objetivo investigar os efeitos da carga hidráulica, da profundidade de instalação do cilindro interno e do diâmetro do cilindro ex-

terno durante a determinação da velocidade de infiltração básica pelo infiltrômetro de anel, para que esse método de determinação da velocidade de infiltração possa ser usado com maior eficiência em nossa região.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área de terraço, em solo Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico, fase terraço, textura argilosa (5), próxima ao laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Viçosa-MG.

Quanto à cobertura do solo, constituiu-se apenas de grama batatais (*Paspalum notatum* Flugge), em vigorosa fase vegetativa.

O método de determinação da velocidade de infiltração utilizado foi o de «Infiltrômetro de Anel» (Figura 1), constituído de dois cilindros concêntricos. Na construção desses cilindros foram utilizadas chapas metálicas n.º 12 (2,1 mm de espessura), conforme Bower, citado por ERIE (7).

A altura do cilindro interno foi de 40,0 cm, com diâmetro de 25,0 cm. Com esta altura tornaram-se possíveis os estudos das profundidades e das lâminas requeridas para os diversos tratamentos.

Os cilindros externos tinham altura de 20,0 cm e diâmetros de 50,0, 65,0 e 80,0 cm (Figura 2). A profundidade de instalação do cilindro externo foi de aproximadamente 5 cm, constante para todos os tratamentos, sendo possível colocar a mesma lâmina d'água em ambos os cilindros, não havendo diferença entre as cargas hidráulicas.

A partir das bordas inferiores dos cilindros marcaram-se faixas de 5 cm a fim de facilitar o controle da penetração dos cilindros no solo por ocasião dos testes.

Para abastecimento do cilindro externo utilizou-se um reservatório de 200 litros, em cuja parte inferior foi adaptado um registro de ação rápida, de 1,27 cm, onde foi conectada a mangueira.

Para abastecimento do cilindro interno utilizou-se um reservatório menor, de chapa galvanizada n.º 24, com diâmetro de 35,34 cm e altura de 100 cm. Na sua parte inferior foi também adaptado um registro de ação rápida, de 1,27 cm, e um piezômetro de tubo plástico transparente, de 0,64 cm de diâmetro. Ao lado do piezômetro foi instalada uma escala métrica, para que fossem feitas as leituras das lâminas infiltradas. Esses reservatórios foram colocados sobre suportes metálicos de 50 cm de altura.

A área circular do reservatório menor foi de 981,2 m² e a do cilindro interno de 491,9 cm². A relação entre a área do reservatório menor e a área do cilindro interno foi 2, aproximadamente. Portanto, cada cm do piezômetro, lido na escala métrica, equivalia a 2 cm de lâmina d'água infiltrada, relação confirmada pela aferição do aparelho, feita por MONTENEGRO (10).

O trabalho foi dividido em duas fases, separando-se os fatores em grupos e estudando seus efeitos. Na primeira fase estudaram-se os efeitos da carga hidráulica, cujos valores foram 5,0, 7,5, 10,0 e 12,5 cm, e da profundidade de instalação do cilindro interno, cujos valores foram 5, 10, 15 e 20 cm, correspondendo a dezenas de tratamentos (Quadro 1).

O cilindro interno tinha 25 cm de diâmetro e o externo 50 cm. Mantiveram-se constantes para todos os tratamentos da primeira fase.

O Quadro 1 mostra a relação dos tratamentos investigados na primeira fase.

Para a execução da segunda fase foram escolhidos 4 tratamentos, cujos valores médios de velocidade de infiltração básica foram menores, fazendo variar sobre eles o diâmetro do cilindro externo, ou seja, cilindros externos com diâmetros de 50, 65 e 80 cm. Procurou-se, com isto, estabelecer a condição mais favorável para determinação da velocidade de infiltração básica do solo por meio do método do infiltrômetro de anel.

Os testes foram distribuídos em linha, na área, sob a forma de blocos, no sentido de se obter maior uniformidade nas características físicas do solo. A distância entre os testes foi de 1,00 m, presente durante todo o experimento, sempre que possível, em razão de rachaduras e de cupins no solo.

Os cilindros externos e internos foram introduzidos no solo com o auxílio de marreta, até a profundidade desejada.

Iniciaram-se os testes colocando-se água em ambos os cilindros, simultaneamente, até que se atingisse a lâmina requerida. A água era medida com régua de

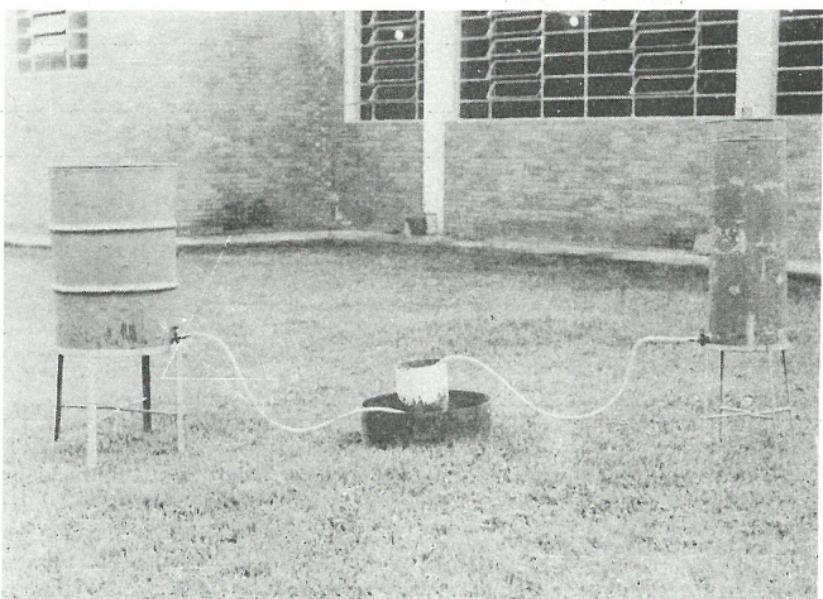


FIGURA 1 - Infiltrômetro de anel.

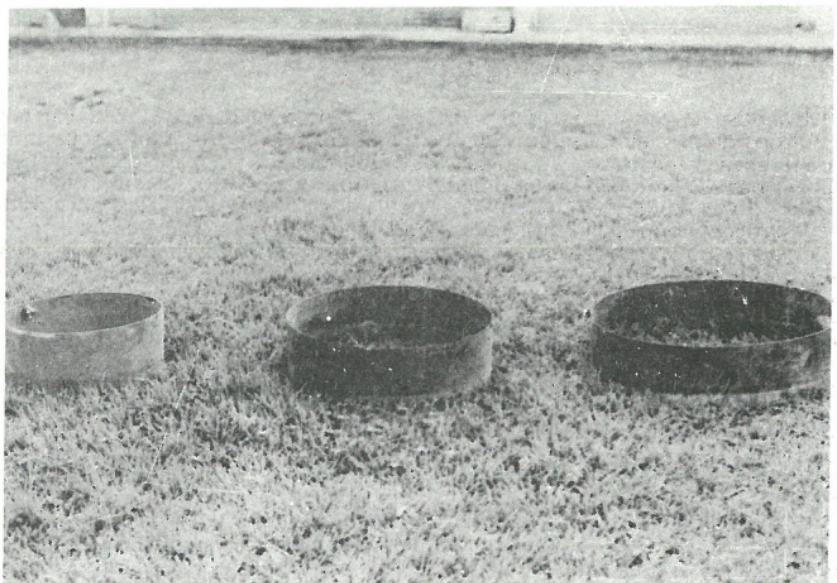


FIGURA 2 - Cilindros externos, com diâmetros de 50, 65 e 80cm.

QUADRO 1 - Relação dos tratamentos investigados na primeira fase do trabalho

Profundidade (cm)	Lâmina (cm)			
	5,0	7,5	10,0	12,5
5	TA ₁	TA ₂	TA ₃	TA ₄
10	TA ₅	TA ₆	TA ₇	TA ₈
15	TA ₉	TA ₁₀	TA ₁₁	TA ₁₂
20	TA ₁₃	TA ₁₄	TA ₁₅	TA ₁₆

20 cm, graduados em milímetro, fixadas no interior dos cilindros interno e externo. Houve a preocupação de completar as lâminas d'água nos cilindros sempre que baixassem no máximo 2 mm, variação considerada sem influência na determinação da VIB.

As leituras das lâminas infiltradas foram feitas na escala métrica colocada ao lado do piezômetro no reservatório menor, usando-se os intervalos de 10, 20, 30 e 60 minutos, até que fossem atingidas velocidades de infiltração aproximadamente constantes.

O delineamento experimental empregado foi em blocos casualizados no esquema fatorial, sendo que na primeira fase utilizaram-se os seguintes fatores: quatro lâminas x quatro profundidades, em três repetições. Na segunda fase utilizaram-se os seguintes fatores: duas lâminas x duas profundidades x três diâmetros, em quatro repetições.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise de variância (Quadro 2) dos dados de velocidade de infiltração básica obtidos na primeira fase do trabalho mostra que os fatores lâmina e profundidade foram significativos ao nível de 5% de probabilidade, não apresentando significância para a interação profundidade x lâmina.

Os valores médios, em mm/h, da velocidade de infiltração básica, obtidos das três repetições da primeira fase do trabalho, são apresentados no Quadro 3.

Como se pode observar pelo Quadro 3, os menores volumes médios de velocidade de infiltração básica correspondem às lâminas de 5,0 e 7,5 cm na superfície do solo, cujos valores foram, respectivamente, 5,83 e 6,25 mm/h, e às profundidades de 15 e 20 cm de instalação do cilindro interno, cujos valores foram, respectivamente, 4,67 e 8,08 mm/h. Houve, contudo, diferença significativa entre os valores médios obtidos com as lâminas de 10,0 e 12,5 cm na superfície do solo e as profundidades de 5 e 10 cm para instalação do cilindro interno.

De acordo com os resultados obtidos na primeira fase do trabalho, escolheram-se os tratamentos TA9 (15 x 5,0), TA10 (15 x 7,5), TA13 (20 x 5,0) e TA14 (20 x 7,5), fazendo variar sobre eles o diâmetro do cilindro externo, ou seja, cilindros externos com diâmetros de 50, 65 e 80 cm, correspondendo a doze tratamentos (Quadro 4).

A análise de variância (Quadro 5) dos dados de velocidade de infiltração básica obtidos na segunda fase do trabalho mostra diferenças significativas, ao nível de 1%, para os fatores lâmina e diâmetro e, ao nível de 5%, para as interações diâmetro x profundidade e diâmetro x lâmina.

Verifica-se, pelos Quadros 6 e 7, que o fator lâmina foi significativo ao nível de 1% de probabilidade. Portanto, na superfície do solo deve ser utilizada uma lâmina de 5,0 cm, cuja média de velocidade de infiltração básica correspondente é de

QUADRO 2 - Análise de variância dos dados de velocidade de infiltração básica obtidos na primeira fase do trabalho

F. V.	G. L.	Q. M.
Blocos	2	16,5208
Prof. (P)	3	86,0208*
Lâm. (L)	3	71,6875*
Int. P x L	9	23,9579 N.S.
Erro	10	19,2764
 Total	27	

C.V. = 53,9%

* - Significativo, ao nível de 5% de probabilidade.

N.S. - Não significativo.

3,92 mm/h. Com a lámina de 7,5 cm na superfície do solo obteve-se uma média de velocidade de infiltração de 5,00 mm/h.

Quanto ao fator profundidade, não foi significativo, podendo, portanto, ser utilizadas quaisquer das profundidades de instalação do cilindro interno estudadas.

Observa-se, pelo Quadro 8 que, usando-se a profundidade de 15 cm para instalação do cilindro interno, os menores valores médios de velocidade de infiltração básica correspondem a cilindros externos com diâmetros de 65 e 80 cm, havendo, contudo, diferença significativa em relação ao valor médio de velocidade de infiltração básica obtido para cilindro externo com diâmetro igual a 50 cm.

Observa-se ainda que, quando se instala o cilindro interno à profundidade de 20 cm, os menores valores médios de velocidade de infiltração básica obtidos correspondem a cilindros externos com 65 e 80 cm de diâmetro. Houve, contudo, diferença significativa com relação ao valor médio obtido usando-se cilindro externo com diâmetro de 50 cm.

No Quadro 9 verifica-se que, usando-se lámina d'água de 5,0 cm na superfície do solo, obtiveram-se menores valores médios de velocidade de infiltração básica com cilindro externo com diâmetro de 65 a 80 cm. Houve, contudo, diferença significativa em relação ao valor médio de velocidade de infiltração básica obtido usando-se cilindro externo com diâmetro igual a 50 cm.

Observa-se ainda que, usando-se lámina de 7,5 cm na superfície do solo, obtiveram-se menores valores médios de velocidade de infiltração básica com os diâmetros de 65 e 80 cm. Houve, contudo, diferença significativa em relação ao valor médio de velocidade de infiltração básica obtido usando-se cilindro externo com diâmetro de 50 cm.

QUADRO 3 - Valores médios, em mm/h, da velocidade de infiltração básica, obtidos das três repetições da primeira fase do trabalho (*)

Profundidade (cm)	Lâminas (cm)				Médias para profundidade
	5,0	7,5	10,0	12,5	
5	3,33	5,33	12,00	14,00	8,67 a
10	11,33	8,00	15,33	10,00	11,17 a
15	2,66	4,66	3,33	8,00	4,67 b
20	6,00	7,00	11,33	8,00	8,00 ab

Médias para lâmina	5,83A	6,25A	10,5 B	10,00B
--------------------	-------	-------	--------	--------

(*) Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem, estatisticamente, pelo teste de DUNCAN, ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 4 - Relação dos tratamentos investigados na segunda fase do trabalho

Profundidade (cm)	Lâmina				(cm)
	80	65	50	5,0	
15	TB ₁	TB ₅	TB ₉	5,0	
15	TB ₂	TB ₆	TB ₁₀	7,5	
20	TB ₃	TB ₇	TB ₁₁	5,0	
20	TB ₄	TB ₈	TB ₁₂	7,5	

QUADRO 5 - Análise de variância dos dados de velocidade de infiltração básica obtidos na segunda fase do trabalho

F.V.	G.L.	Q.M.
Blocos	3	4,9722
Diâm. (D)	2	13,0208**
Prof. (P)	1	1,3333 N.S.
Lâm. (L)	1	14,0033**
Int. D x P	2	3,6458*
Int. D x L	2	3,5208*
Int. P x L	1	0,0 N.S.
Int. D x P x L	2	0,8125 N.S.
Erro	33	0,8358
Total	47	

C.V. = 20,51%

** - Significativo, ao nível de 1% de probabilidade.

* - Significativo, ao nível de 5% de probabilidade.

N.S. - Não significativo.

QUADRO 6 - Análise de variância, com desdobramento dos efeitos da interação diâmetro x profundidade

F.V.	G.L.	Q.M.
Blocos	3	4,9722
Prof. (P)	1	1,3333 N.S.
Lâm. (L)	1	14,0833**
D/P ₁	2	13,5417**
D/P ₂	2	3,1250*
Int. D x L	2	3,5208*
Int. P x L	1	0,00 N.S.
Int. D x P x L	2	0,8125 N.S.
Erro	33	0,8358
Total	47	

** - Significativo, ao nível de 1% de probabilidade.

* - Significativo, ao nível de 5% de probabilidade.

N.S. - Não significativo.

QUADRO 7 - Análise de variância, com desdobramento dos efeitos da interação diâmetro x lâmina

F.V.	G.L.	Q.M.
Blocos	3	4,9722
Prof. (P)	1	1,3333 N.S.
Lâm. (L)	1	14,0833**
D/L ₁	2	2,5417 N.S.
D/L ₂	2	14,0000**
Int. D x P	2	3,6458*
Int. P x L	1	0,00 N.S.
Int. D x P x L	2	0,8125 N.S.
Erro	33	0,8358
Total	47	

** - Significativo, ao nível de 1% de probabilidade.

* - Significativo, ao nível de 5% de probabilidade.

N.S. - Não Significativo.

QUADRO 8 - Médias de velocidade de infiltração básica, em mm/h, em função das profundidades e dos diâmetros estudados (*)

Profundidade (cm)	Diâmetro (cm)		
	50	65	80
15	5,75 b	3,87 a	3,25 a
20	5,25 b	4,00 a	4,62 a

(*) Médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente, pelo teste de DUNCAN, ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 9 - Médias de velocidade de infiltração básica, em mm/h, em função das lâminas e dos diâmetros estudados (*)

Lâmina (cm)	Diâmetro (cm)		
	50	65	80
5,0	4,50 b	3,37 a	3,87 a
7,5	6,50 b	4,50 a	4,00 a

(*) Médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente, pelo teste de DUNCAN, ao nível de 5% de probabilidade.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Este trabalho foi desenvolvido em solo Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico, fase terraço, textura argilosa, localizado próximo ao Laboratório de Hidráulica da ESA-UFV.

Foram estudados os fatores lâmina d'água na superfície do solo, profundidade de instalação do cilindro interno e diâmetro do cilindro externo.

O trabalho foi dividido em duas fases, separando-se os fatores em grupos e estudando os seus efeitos.

Na primeira fase, estudaram-se os efeitos da carga hidráulica, cujos valores foram 5,0, 7,5, 10,0 e 12,5 cm, e os da profundidade de instalação do cilindro interno, cujos valores foram 5, 10, 15 e 20 cm, num total de 16 tratamentos.

Na segunda fase, escolheram-se os tratamentos cujos valores da velocidade de infiltração básica foram menores, fazendo variar sobre eles o diâmetro do cilindro externo, ou seja, cilindros externos com diâmetros de 50, 65 e 80 cm, num total de doze tratamentos.

Diante dos resultados de velocidade de infiltração básica, nas condições do experimento, observa-se que, para se determinar a velocidade de infiltração básica pelo infiltrômetro de anel:

1. A lâmina d'água na superfície do solo deve ser de 5,0 cm.
2. Os valores de velocidade de infiltração básica, com 15 cm de profundidade de instalação do cilindro interno, não diferem, estatisticamente, daqueles obtidos com a profundidade de 20 cm.

3. Instalando-se o cilindro externo à profundidade de 15 cm, recomendam-se cilindros externos com 65 ou 80 cm de diâmetro.

4. Instalando-se o cilindro interno à profundidade de 20 cm, recomendam-se cilindros externos com 65 ou 80 cm de diâmetro.

Para fins práticos do uso do infiltrômetro de anel deve-se recomendar cilindro interno enterrado 15 cm no solo, com uma lâmina d'água de 5,0 cm, sendo que para o cilindro externo recomenda-se uma bacia de terra com diâmetro de 1 a 2 m.

5. SUMMARY

The effects of the hydraulic head and installation depth of the inner cylinder and diameter of the outer cylinder in determining the basic infiltration rate for the ring infiltrometer were studied. Work was carried out in podzolic soil at the hydraulic laboratory of the Federal University of Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brazil.

Work was divided into two stages. In the first the effects of hydraulic heads of 5.0, 7.5, 10.0 and 12.5 cm were studied. The installation depths of the inner cylinder of 5.0, 10.0, 15.0 and 20.0 cm also were tested. In the second stage, the smallest values of basic infiltration rate observed in the first stage were used to study the effects of outer cylinder diameters of 50.0, 65.0 and 80.0 cm.

According to the statistical analysis of the results, the importance of three factors-hydraulic head, installation depth and outer cylinder diameter-can be inferred for determining the basic infiltration rate for the ring infiltrometer.

The results allow the recommendation that for the same experimental conditions, a hydraulic head of 5.0 cm from the soil surface, an installation depth of the inner cylinder of 15.0 cm, and an outer cylinder with a minimum diameter of 65.0 cm be used.

6. LITERATURA CITADA

1. ARONOVICI, V.S. Model study of ring infiltrometer performance under low initial soil moisture. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 19(1):1-6. 1955.
2. BERNARDO, S. *Água no solo*. Universidade Federal de Viçosa, 1971. 26 p. (Apostila).
3. BERTONI, J., LARSON, W. E. & SHRADER, W.D. Determination on infiltration rates on marshall silt loam from runoff and rain fall records. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 22(6):571-4, 1958.
4. BYRNES, W. R. *Hidrology balance of three soil supporting natural harwoods, planted red pine, and old field plant Central Pennsylvania*. Pennsylvania State University, 1961, 116 p. (Thesis Ph.D.).
5. COSTA, L.M. *Caracterização das propriedades físicas e químicas dos solos de terraços fluviais na região de Viçosa, e sua interpretação para uso agrícola*. Viçosa, U.F.V., Imprensa Universitária, 1973. 55 p. (Tese M.S.).
6. DAKER, A. *Água na agricultura: irrigação e drenagem*. 3.ª ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, V. 3. 1970. 453 p.
7. ERIE, L. J. *Evaluation of infiltration measurements*. México, Secretaria de Recursos Hídricos, 1970. 18 p. (Memorandum tecnico, 277).
8. ISRAELSEN, O. W. & HANSEN, V.E. *Irrigation principles and practices*. New York, John Wiley & Sons., 1967. 447 p.
9. LEWIS, M. R. & POWERS, W. L. A study of factors affecting infiltration. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 3:334-339. 1938.
10. MONTENEGRO, H.S. *Determinação da velocidade de infiltração básica (VIB) em solos de terraço na bacia do rio turvo sujo*. Viçosa, U.F.V., Imprensa Universitária, 1975. 31 p. (Tese M.S.).
11. PARR, J.F. & BERTRAND, A.R. Water infiltration into soils. *Adv. in Agronomy*, 12:311-342. 1960.
12. PHILLIP, J.R. The theory of infiltration: VI Effect of water depth over soil. *Soil Sci.* 85(5):278-286. 1958.
13. RIQUELME del Solar, A. La velocidad de infiltración como base para diseñar un sistema de regadio. *Extrator de las teses apresentadas a la H. Facultad Agronomía*, Chilán, Chile, 5:3-7. 1966.
14. SHULL, H. Influence of installation depth on infiltration from unbuffered cylinders infiltrometers. *Soil Sci.*, 97(4):279-280. 1964.