

MODELO ESTATÍSTICO PARA PADRONIZAÇÃO DA VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO BÁSICA, USANDO-SE O INFILTRÔMETRO DE ANEL*

Alício Simões Dias
Salassier Bernardo
José Mansur Nacif
Bairon Fernandes
Peter John Martyn**

1. INTRODUÇÃO

Como o birômio solo-água desencadeia uma série de fenômenos de alta complexidade, vários pesquisadores procuram investigar e divulgar os conhecimentos relativos às propriedades e inter-relações desses dois fatores, com o objetivo de encontrar uma solução mais viável para os inúmeros problemas que influem na produção das diversas culturas.

Segundo RICHARDS (16), o comitê de Terminologia da Sociedade Americana de Ciência do Solo define infiltração como sendo «o movimento descendente da água no solo»; capacidade ou taxa de infiltração como a «taxa em que um solo, em dada condição e em determinado tempo, pode absorver água», e velocidade de infiltração, definida quantitativamente como «o volume de água que penetra na superfície do solo por unidade de área e unidade de tempo».

O conhecimento do processo de infiltração e de suas relações com as propriedades do solo é de grande importância para o eficiente manejo da irrigação. Assim, na elaboração de um projeto de irrigação, uma das informações básicas necessárias é o conhecimento da capacidade de infiltração do solo, para que não ha-

* Parte da tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, pelo primeiro autor, como uma das exigências do curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, para a obtenção do grau de «Magister Scientiae».

Recebido para publicação em 12-12-1977.

** Respectivamente, Professor da Escola de Agronomia da U.F.Ba. e Professores da U.F.V.

ja perda causada pela aplicação de excesso ou deficiência d'água.

HILLEL (8) diz que a velocidade de infiltração da água no solo é relativamente alta no início do processo, decrescendo gradualmente com o tempo, tendendo normalmente a um regime assintótico estável, chamado «regime final» ou velocidade de infiltração básica (VIB), quando a intensidade de infiltração se mantém praticamente constante. Segundo SCARDUA (17) e HILLEL (8), em solos de perfil uniforme e estrutura estável a velocidade de infiltração básica é aproximadamente igual à condutividade hidráulica do solo saturado. Trabalhos mais recentes, de Miller e Richards, citados por FORSYTHE (6), constataram que a condutividade hidráulica é o limite mínimo da velocidade de infiltração do solo saturado.

BERNARDO (2) diz que o valor da VIB de um solo é fator de grande importância para irrigação, pois é ela que determina o comprimento do sulco ou da faixa de irrigação superficial, bem como a intensidade de precipitação máxima permitida por aspersão.

Segundo Dixon, citado por CARMO (3), as variações da velocidade de infiltração são comumente observadas não só entre os diferentes métodos de determinação, mas também entre os diferentes tipos de solo ou, ainda, dentro de um mesmo tipo de solo, impostas que são por vários fatores que atuam sobre o fenômeno. Contudo, para que os resultados obtidos sejam da máxima utilidade, deve-se usar, nas medições de infiltração, o método que melhor se adapte ao sistema de irrigação usado, pois muitas vezes os métodos empregados são pouco coerentes com o método de irrigação a ser usado, apresentando, conseqüentemente, resultados de baixa precisão.

Lewis e Powers, citados por WISLER e BRATER (18), estudaram os fatores que influenciam a infiltração, em doze diferentes tipos de solos, e verificaram que o efeito da cobertura do solo deve ser mais importante que propriamente o tipo de solo.

Os infiltrômetros de anéis têm sido usados extensivamente para estudar a infiltração e a permeabilidade da água no solo. Usualmente, são anéis ou tubos, parcialmente introduzidos no solo, dentro dos quais se mantém uma pequena carga d'água, variável ou não. O controle dessa carga na superfície do solo pode ser feito por meio de buretas. Entretanto, PARR e BERTRAND (14) fazem referências a alguns infiltrômetros nos quais uma carga constante na superfície do solo é mantida por meio de registros, acionados por bóias de diversos tipos, ou pelo uso do princípio de Mariotte, ou ainda utilizando o «tubo de carga constante» no recipiente de alimentação.

Segundo PARR e BERTRAND (14), os infiltrômetros de anéis são os mais usados na determinação da velocidade de infiltração, não só por serem os mais simples, como também pelo seu fácil manuseio no campo. Entretanto, sua eficiência nessa medição depende de uma série de fatores, que por sua vez dependem do seu manuseio.

Vários autores (1, 5, 10, 15, 9, 12, 7, 13) estudaram os efeitos da carga hidráulica, da profundidade de instalação do anel interno e do diâmetro do anel externo sobre a velocidade de infiltração, chegando a resultados contraditórios.

Neste trabalho, procurou-se investigar os efeitos da carga hidráulica, da profundidade de instalação do cilindro interno e do diâmetro do cilindro externo, como também estabelecer, após conhecida uma condição-padrão para sua instalação, um modelo estatístico que permitisse corrigir os valores da velocidade de infiltração básica (VIB), obtidos quando são usados diferentes valores para carga hidráulica, profundidade do cilindro interno e do diâmetro do cilindro externo, para a VIB correspondente à condição-padrão. Dessa forma, poder-se-á melhor entender e comparar os valores de VIB obtidos por diversos autores.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido em solo Podzólico Vermelho-Amarelo Cámbico, fase terraço, textura argilosa (4), próximo ao Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, MG.

A 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 do infiltrômetro de anel, constituído de dois cilindros concêntricos (Figura 1). Na construção desses cilindros foram utilizadas chapas metálicas n.º 12, com 2,1 mm de espessura, conforme Bower, citado por ERIE (5).

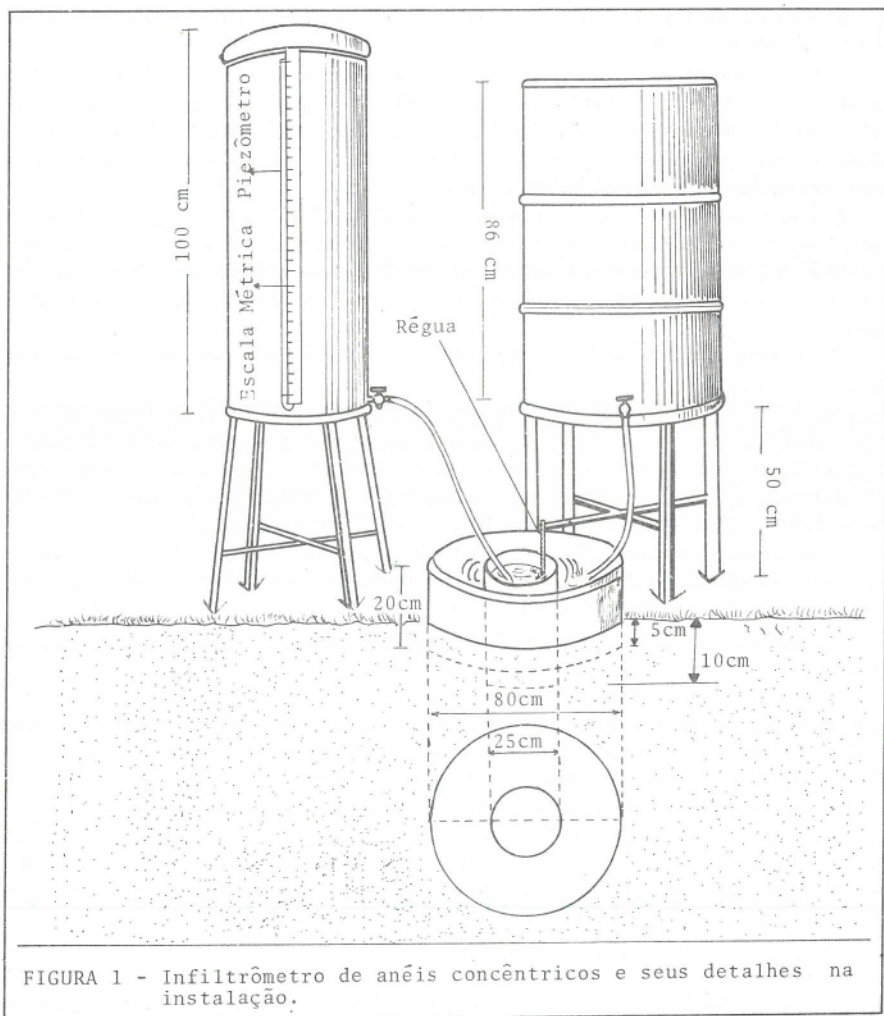


FIGURA 1 - Infiltrômetro de anéis concêntricos e seus detalhes na instalação.

O cilindro interno, com 40 cm de altura e 25 cm de diâmetro, foi instalado às profundidades de 5, 10, 15 e 20 cm.

Os cilindros externos, com 20 cm de altura e diâmetros de 50, 65, 80 e 100 cm, foram instalados à profundidade de 5 cm, considerada constante para todos os tratamentos.

Os bordos inferiores dos cilindros foram marcados, numa faixa de 5 cm, a fim de facilitar o controle da sua penetração no solo na época dos testes.

Para abastecimento do cilindro externo foi usado um reservatório de 200 litros, em cuja parte inferior foi adaptado um registro de ação rápida, de 1,3 cm, no qual foi conectada uma mangueira.

Para abastecimento do cilindro interno foi usado um reservatório menor, de chapa galvanizada n.º 24, com diâmetro de 35, 34 cm e altura de 100 cm. Na parte inferior desse reservatório foram adaptados um registro de ação rápida, de 1,3 cm, e um piezômetro de tubo plástico, transparente, com 0,64 cm de diâmetro. Ao lado do piezômetro foi instalada uma escala métrica, necessária para as leituras das lâminas infiltradas. Esses dois reservatórios foram colocados sobre suportes metálicos de 50 cm de altura.

A área circular do reservatório menor era de 981,2 cm² e a do cilindro interno de 491,9 cm². A relação entre a área do reservatório menor e a área do cilindro interno era 2, aproximadamente. Portanto, cada 1 cm no piezômetro, lido na escala métrica, equivalia a 2 cm de lâmina d'água infiltrada, relação confirmada pela aferição do aparelho, feita por MONTENEGRO (11).

Foi estudado o efeito das cargas hidráulicas de 5,0 e 7,5 cm, das profundidades de instalação do cilindro interno de 5 e 10 cm e dos diâmetros do cilindro externo de 50, 65, 80 e 100 cm na instalação do infiltrômetro de anel, para determinação da velocidade de infiltração básica, num total de 16 tratamentos, com 4 repetições.

As cargas hidráulicas foram mantidas constantes para cada tratamento, em ambos os cilindros.

Os testes foram distribuídos, na área, em blocos, para que se obtivesse maior uniformidade nas características físicas do solo. Procurou-se manter uma distância entre testes de ± 2 m, sendo eles abandonados quando se constatava presença de formigueiros, rachaduras e impermeabilização do perfil do solo. De certa forma, esses três fatores foram tendenciosamente controlados.

A penetração dos cilindros no solo foi feita por meio de golpes de compressão com um batedor de madeira, para que os esforços se distribuíssem uniformemente, até ser atingida a profundidade desejada.

Procurou-se manter os cilindros nivelados, bem como evitar, ao máximo, que o solo sofresse desagregação ou compactação.

No início de cada teste, procurou-se colocar água em ambos os cilindros simultaneamente, até que se atingisse a lâmina exigida para cada tratamento. O controle da lâmina foi feito por meio de réguas de 20 cm, graduadas em milímetros e fixadas no interior dos cilindros. Foi permitida uma oscilação máxima da carga de 2 mm, muito embora, sempre que possível, ela fosse mantida constante.

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 se atingisse a velocidade de infiltração básica. Uma média de 4 leituras da VIB, constante, dava por encerrado cada teste.

O delineamento experimental empregado foi em blocos casualizados, no esquema fatorial, sendo considerados os seguintes fatores: duas lâminas x duas profundidades x quatro diâmetros, totalizando 16 tratamentos com 4 repetições, ou seja, 64 testes.

Aproveitaram-se 12 tratamentos com 4 repetições, num total de 48 testes, feitos por OLIVEIRA (13), que usou, na determinação da VIB, cargas hidráulicas de

5,0 e 7,5 cm, profundidades de instalação do cilindro interno de 15 e 20 cm e diâmetros para o cilindro externo de 50, 65 e 80 cm, para completar o n.º de observações necessárias para a determinação do modelo estatístico mediante a análise de regressão.

Posteriormente, foram feitos 4 tratamentos com 4 repetições, totalizando 16 testes, usando-se, na determinação da VIB, cargas hidráulicas de 5,0 e 7,5 cm, profundidades de instalação do cilindro interno de 15 e 20 cm e um diâmetro de 100 cm para o cilindro externo, para completar os 32 tratamentos com 4 repetições, ou seja, os 128 testes usados na determinação do referido modelo.

Foram também testadas as condições de determinação da VIB no campo, usando-se um infiltrômetro de anel simplificado, em que se substituíram os cilindros infiltrômetros metálicos por condições mais rudimentares. Usou-se uma lata (aproximadamente 20 cm de altura e 15 cm de diâmetro), enterrada no solo a 10 cm de profundidade e mantida sob uma lâmina de 5,0 cm, sujeita a uma oscilação de ± 1 cm. Uma bacia de terra com 1 m de diâmetro foi feita concentricamente para controlar o fluxo lateral. Com o uso de uma proveta de 1000 ml, correspondentes a 20 mm de água, em escala graduada em mm, manteve o nível constante, com pequena oscilação de carga para a lâmina d'água dentro da lata. Um vasilhame com capacidade de ± 100 litros foi suficiente para se manter uma lâmina, na bacia de terra, igual àquela usada internamente. Quanto às leituras para o volume infiltrado, usaram-se as mesmas recomendações comentadas em parágrafos anteriores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise de Variância

Feita a análise de variância (Quadro 1) dos dados da velocidade de infiltração básica, verificou-se que os fatores diâmetro e profundidade foram significativos ao

QUADRO 1 - Análise de variância dos dados da velocidade de infiltração básica

F.V.	G.L.	Q.M.	
Blocos	3	0,6700	
Diâm. (D)	3	37,0562	**
Prof. (P)	1	22,0900	**
Lâm. (L)	1	7,0225	*
Int. D x P	3	0,2963	N.S.
Int. L x D	3	1,1988	N.S.
Int. L x P	1	1,5625	N.S.
Int. L x D x P	3	0,1221	N.S.
Erro	45	1,9999	
Total	63		

* - Significativo, ao nível de 5% de probabilidade

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

N.S. - Não significativo

C.V. = 30,74%

nível de 1% de probabilidade, enquanto o fator lâmina foi significativo a 5% de probabilidade.

Não houve interação significativa entre os mencionados fatores.

A velocidade de infiltração básica (VIB) é uma propriedade física característica de cada solo. O uso de altas cargas hidráulicas dentro dos cilindros infiltrômetros dará altos valores da velocidade de infiltração final, não representando realmente a condutividade hidráulica do solo saturado. Por outro lado, o uso de pequenas cargas hidráulicas proporcionará condições mais perfeitas para se obterem valores de VIB iguais a ou bem próximos de sua condutividade hidráulica. Assim, como foi feito o estudo de duas lâminas (5,0 e 7,5 cm) e como o teste F mostrou grau de significância ao nível de 5% de probabilidade, deve-se usar, na superfície do solo, uma lâmina de 5,0 cm, cuja média da velocidade de infiltração básica correspondente foi de 4,29 mm/h. Para uma lâmina de 7,5 cm na superfície do solo, obteve-se uma média de velocidade de infiltração básica de 4,93 mm/h (Quadro 2).

QUADRO 2 - Médias da velocidade de infiltração básica, em mm/h, em função das lâminas e dos diâmetros estudados

Lâmina (cm)	Diâmetro (cm)				Médias para Lâmina
	50	65	80	100	
5,0	6,05	4,35	3,50	3,25	4,29 a
7,5	7,50	4,80	3,85	3,55	4,93 b
Médias para Diâmetro	6,78 A	4,58 B	3,68 BC	3,40 C	

Nota: Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na horizontal e maiúscula na vertical, não diferem, estatisticamente, pelo teste de TUKEY, ao nível de 5% de probabilidade.

Observou-se, entretanto, que os menores valores da VIB, para uma lâmina de 5,0 cm, ocorreram para os diâmetros de 80 e 100 cm do cilindro externo, os quais não diferiram estatisticamente, pelo teste de TUKEY, a 5% de probabilidade.

Diferenças estatísticas foram observadas entre os diâmetros de 65 e 100 cm. Houve também diferença estatística entre o diâmetro de 50 cm e os de 65, 80 e 100 cm.

Sabe-se que um maior diâmetro para o cilindro externo, como também a possibilidade de maior profundidade de instalação do cilindro interno, minimiza os efeitos de um fluxo lateral, dando, conseqüentemente, menores valores para a velocidade de infiltração básica, os quais são mais recomendáveis em projetos de irrigação.

Analisando o Quadro 3, observou-se que o valor médio da velocidade de infiltração básica para a profundidade de 5 cm foi de 5,19 mm/h, e de 4,03 mm/h para a profundidade de 10 cm. Visto que o fator profundidade apresentou alto grau de significância (Quadro 1), deu-se preferência à profundidade de 10 cm, que apresen-

tuou menor valor para a VIB. Verificou-se, ainda, que, para essa profundidade, os menores valores de VIB encontrados corresponderam aos diâmetros de 80 e 100 cm, os quais não diferiram estatisticamente. Entretanto, deu-se preferência ao diâmetro de 80 cm, por apresentar condição mais econômica. Não houve, entretanto, diferença significativa, pelo teste de TUKEY, ao nível de 5% de probabilidade, para os diâmetros de 65 e 80 cm, muito embora o de 65 cm se tenha mostrado estatisticamente diferente do de 100 cm. Foi observado, também, que o diâmetro de 50 cm para o cilindro externo diferiu estatisticamente dos diâmetros de 65, 80 e 100 cm.

QUADRO 3 - Médias da velocidade de infiltração, em mm/h, em função das profundidades e dos diâmetros estudados					
Profundidade (cm)	Diâmetro (cm)				Médias para Profundidade
	50	65	80	100	
5	7,50	5,10	4,10	4,05	5,19 a
10	6,05	4,05	3,25	2,75	4,03 b
Médias para Diâmetro	6,78 A	4,58 B	3,68 BC	3,4 C	

Nota: Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem, estatisticamente, pelo teste de TUKEY, ao nível de 5% de probabilidade.

3.2. Análise de Regressão

Usando uma condição-padrão, em que $x_0 = 5$ cm de lâmina, $y_0 = 10$ cm de profundidade e $z_0 = 80$ cm de diâmetro, estabeleceu-se a equação

$$VIB = VIB_0 \left(\frac{\frac{\alpha x}{5} + \frac{\beta y}{10} + \frac{\gamma z}{80}}{3} \right) \quad (1)$$

em que

VIB — Velocidade de infiltração básica obtida no campo, nas diversas condições de x, y e z.

VIB_0 — Velocidade de infiltração básica para a condição-padrão, sendo $x_0 = 5$ cm, $y_0 = 10$ cm e $z_0 = 80$ cm.

$$\text{Igualando-se } \left(\frac{\frac{\alpha x}{5} + \frac{\beta y}{10} + \frac{\gamma z}{80}}{3} \right) \text{ a } K, \text{ pode-se escrever}$$

$$\text{a equação 1 na forma } VIB = VIB_0^K \quad (2)$$

ou

$$VIB = VIB_0^{1/K} \quad (3)$$

Com o uso do computador, encontra-se, na análise de regressão, um valor para $K = (0,0799 x - 0,0127 z + 1,930)$, para as 128 observações da VIB obtidas no campo. Substituindo o valor de K na equação 3, tem-se

$$VIB_o = VIB \left(\frac{1}{0,0799 x - 0,0183 y - 0,0127 z + 1,930} \right)$$

com um coeficiente de determinação de 84%.

Os Quadros 4 e 5 mostram os resultados das análises feitas para os testes de parâmetros e para a variância da regressão.

Nas Figuras 2 e 3 vê-se a variação da velocidade de infiltração básica (VIB) em função da profundidade de instalação do cilindro interno e do diâmetro do cilindro externo.

3.3. Aplicação do Modelo Estatístico

OLIVEIRA (13), fazendo determinações da VIB com o infiltrômetro de anéis concêntricos, em solo de terraço, com textura argilosa e cobertura vegetal de graminhas, obteve, na primeira fase de seu trabalho:

a) Para $x = 7,5$ cm, $y = 5$ cm e $z = 50$ cm, encontrou-se um valor para $VIB = 5,33$ mm/h.

Aplicando-se este modelo:

$$VIB_o = VIB \left(\frac{1}{0,0799 x - 0,0183 y - 0,0127 z + 1,930} \right)$$

Calculando o valor de K e substituindo na equação 4, tem-se:

$$K = 0,0799 \cdot 7,5 - 0,0183 \cdot 5 - 0,0127 \cdot 50 + 1,930$$

$$K = 1,8028$$

$$\text{Como } VIB_o = (5,33)^{1/1,8028}$$

$$VIB_o = 2,53 \text{ mm/h}$$

b) Para $x = 12,5$ cm, $y = 5$ cm e $z = 50$ cm, obteve-se VIB com valor de 14,00 mm/h. Aplicando o modelo, encontrou-se, para VIB_o , um valor de 3,31 mm/h.

c) Para $x = 10,0$ cm, $y = 10$ cm e $z = 50$ cm, obteve-se VIB com valor de 15,33 mm/h. Aplicando o modelo, encontrou-se, para VIB_o , um valor de 4,17 mm/h.

CARMO (3) determinou a VIB, usando também o infiltrômetro de anéis concêntricos, em solo argiloso, área de pastagem (capim-gordura), nas posições inferior, média e superior do terreno, situado no Campus da Universidade Federal de Viçosa, MG.

Usou uma lâmina de 10,0 cm ($x = 10$), uma profundidade de instalação de 5 cm ($y = 5$) e um diâmetro externo de 50 cm ($z = 50$), obtendo os respectivos valores médios para VIB, nas referidas posições:

Posição Inferior	Posição Média	Posição Superior
VIB = 28,03 mm/h	VIB = 30,49 mm/h	VIB = 25,96 mm/h

Aplicando o modelo, encontra-se um valor para $K = 2,0025$, e, conseqüente-

QUADRO 4 - Resultados da análise de testes de parâmetros

Variável Independente	Média	Desvio- Padrão	B	S(B)	T
1 Lâmina (x)	0,457755	0,0930157	1,19874 **	0,269305	4,45125
2 Prof. (y)	0,457755	0,207989	-0,549768**	0,120437	- 4,56478
3 Diâm. (z)	0,337594	0,0860316	-3,04013 **	0,291167	-10,4412
0 Interseção			2,12162		
Var. Depend.					
4 (VIB)	1,39236	0,333893			
R2	0,842404				

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

mente, os valores para VIB_0 serão os seguintes:

Posição Inferior	Posição Média	Posição Superior
$VIB_0 = 5,28 \text{ mm/h}$	$VIB_0 = 5,51 \text{ mm/h}$	$VIB_0 = 5,09 \text{ mm/h}$

As condições de determinação da velocidade de infiltração básica (VIB) usadas por OLIVEIRA (13) e CARMO (3) em pesquisas com o infiltrômetro de anel, em que o uso de altas cargas hidráulicas ($x = 10,0 \text{ cm}$), a pequena profundidade de instalação do cilindro interno ($y = 5 \text{ cm}$) e o pequeno diâmetro para o cilindro externo ($z = 50 \text{ cm}$), condições estas bem diferentes da condição-padrão sugerida ($x_0 = 5,0 \text{ cm}$, $y_0 = 10 \text{ cm}$ e $z_0 = 80 \text{ cm}$), vieram, conseqüentemente, a fornecer altos valores para a velocidade de infiltração básica. Isso ocorreu, provavelmente, porque o fluxo lateral não teve seus efeitos minimizados, o que é feito por meio de uma maior profundidade na instalação do cilindro interno ($y_0 = 10 \text{ cm}$) e de um maior diâmetro para o cilindro externo ($z_0 = 80 \text{ cm}$).

3.4. Infiltrômetro de Anel Simplificado

Em condições mais rudimentares de determinação da VIB no campo com o infiltrômetro de anel simplificado, obteve-se um valor correspondente a $2,0 \text{ mm/h}$ para a velocidade de infiltração básica. Com determinações nas condições normais do experimento, por meio dos cilindros infiltrômetros, usando-se uma carga hidráulica de $5,0 \text{ cm}$, uma profundidade de instalação do cilindro interno de 10 cm e um diâmetro de 100 cm para o cilindro externo, obteve-se um valor para a velocidade de infiltração básica igual a $2,5 \text{ mm/h}$. Comparando-se as duas condições de determinação, foi constatada uma possibilidade igual a 80% de se empregarem as referidas condições rudimentares em substituição aos cilindros infiltrômetros metálicos.

QUADRO 5 - Resultado da análise de variância da regressão

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Devida à Regressão	3	2,91136	0,970452	49,8894**
Indep. da Regressão	28	0,54466	0,019452	

** - Significância ao nível de 1% de probabilidade.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

O valor da velocidade de infiltração básica (VIB) obtido com o infiltrômetro de anel, quando não se observa uma condição-padrão para a instalação do referido infiltrômetro, pode conduzir a resultados diversos, para um mesmo solo. Desta forma, a necessidade de um fator de correção que venha a minimizar a variabilidade desse valor no campo é da mais alta importância para a irrigação.

Assim, neste trabalho, realizado em solo Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico, fase terraço, textura argilosa, com cobertura vegetal rasteira (grama-batatais),

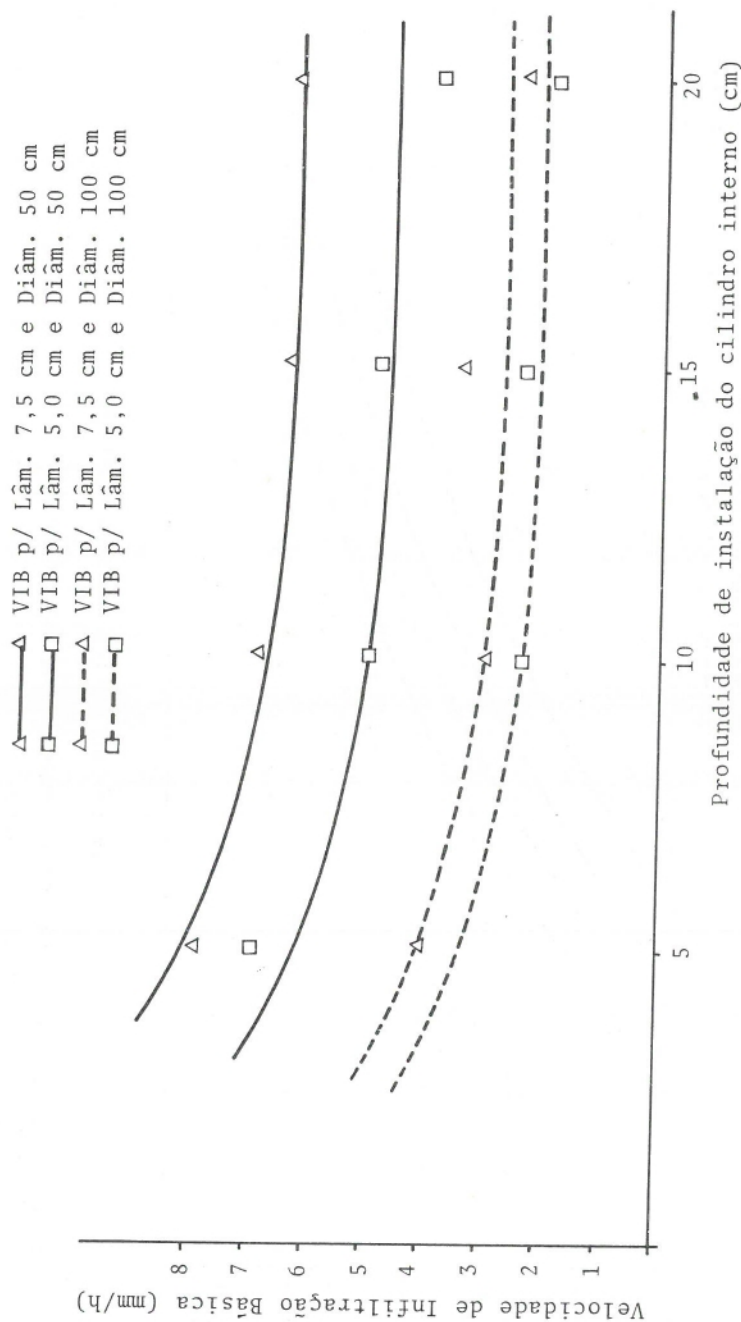


FIGURA 2 - Ilustração gráfica da velocidade de infiltração básica versus profundidade de instalação do cilindro interno.

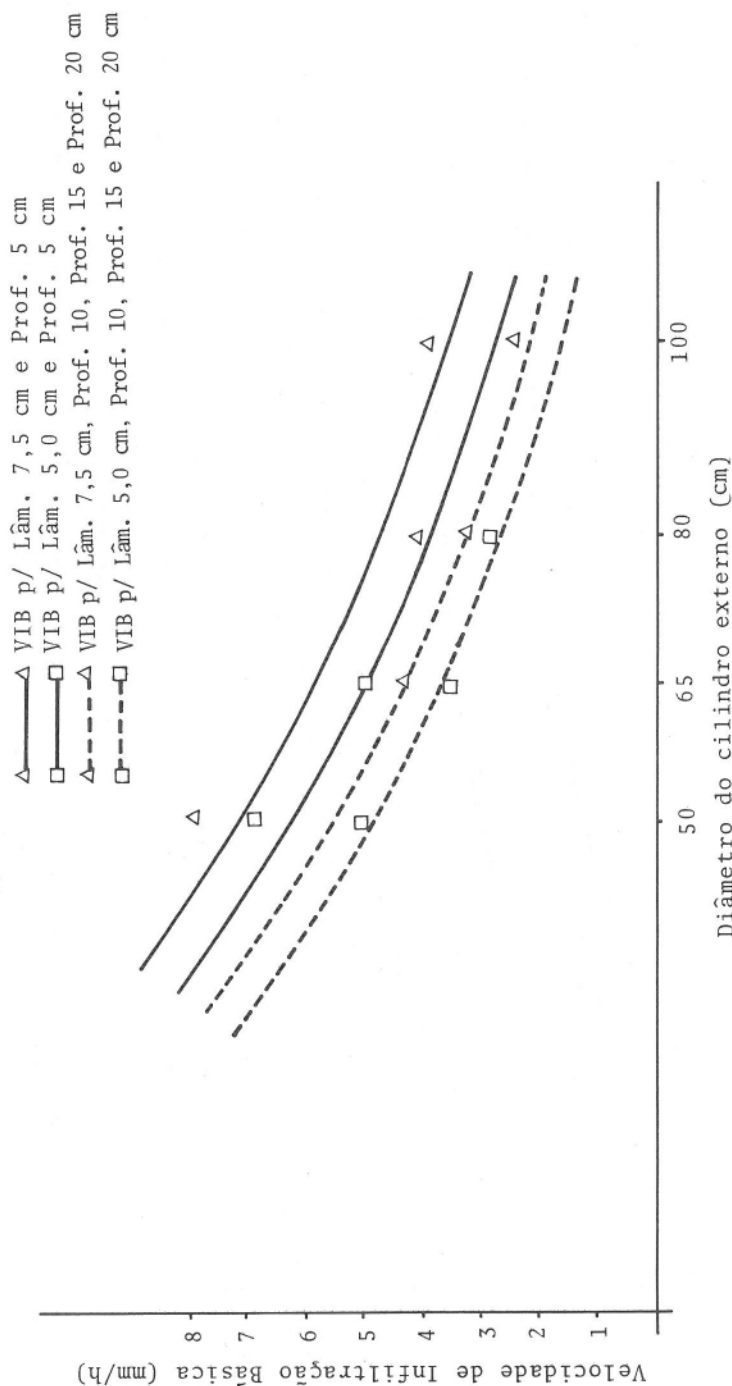


FIGURA 3 - Ilustração gráfica da velocidade de infiltração básica versus diâmetro do cilindro externo

foram estudados:

a) o efeito de lâminas d'água de 5,0 e 7,5 cm, das profundidades de 5 e 10 cm de instalação do cilindro interno e dos diâmetros de 50, 65, 80 e 100 cm do cilindro externo, com o objetivo de estabelecer uma condição-padrão para lâmina, profundidade do cilindro interno e diâmetro do cilindro externo a ser recomendada para uso do infiltrômetro de anel no campo.

b) uma equação para corrigir os valores de VIB obtidos no campo com o infiltrômetro de anel, quando se usaram valores diferentes para lâmina (x), profundidade do cilindro interno (y) e diâmetro do cilindro externo (z).

c) a aplicação do modelo em dois exemplos de determinação da VIB, sob condições de infiltração diferentes da condição-padrão, demonstrando o efeito de sua correção.

Diante dos resultados obtidos nas condições do experimento, concluiu-se que:

1. A lâmina d'água padrão na superfície do solo, a ser usada em ambos os cilindros, deve ser de 5,0 cm.
2. Como as profundidades de 5 a 10 cm para instalação do cilindro interno apresentaram diferenças significativas, pode-se usar como padrão a profundidade de 10 cm.
3. Como os diâmetros de 80 e 100 cm para o cilindro externo não diferiram estatisticamente, pode-se usar como padrão um diâmetro de 80 cm.
4. O modelo estatístico estabelecido apresentou, na análise de regressão, um coeficiente de determinação de 84%.
5. O uso deste modelo é recomendado exclusivamente para solos de condições iguais ou semelhantes àsquelas em que foi feito o experimento.
6. Em termos de extensão para o pequeno agricultor, na determinação da VIB no campo, recomenda-se o uso de uma lata com aproximadamente 20 cm de altura e 15 cm de diâmetro, enterrada no solo a 10 cm de profundidade, mantida sob uma carga hidráulica de 5,0 cm, sujeita a uma oscilação de ± 1 cm. Para controle do fluxo lateral deve ser feita, concêntricamente, uma bacia de terra com 1 m de diâmetro.

5. SUMMARY

Field work was conducted to find a statistical model to represent the basic infiltration rate for the ring infiltrometer method.

The study was carried out at the Federal University of Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brazil in a Cambic Red-Yellow Podzol, covered with grass.

Four diameters for the outside ring (50, 65, 80 and 100 cm) and two hydraulic heads (5.0 and 7.5 cm) were tested at 5.0 and 10.0 cm depths for the inside ring, which had an inside diameter of 25 cm. The outside ring was kept at a depth of 5.0 cm in all cases.

The statistical analysis showed that the best combination was for a hydraulic head (x_0) of 5.0 cm, an outside ring (z_0) of 80 cm and an inside ring (y_0) driven 10 cm into the soil.

The statistical model suggested is represented by the equation:

$$VIB_0 = VIB^{1/K},$$

Where VIB_0 is the basic infiltration velocity under standard conditions of $x_0 = 5$ cm, $y_0 = 10$ cm and $z_0 = 80$ cm; VIB is the basic infiltration rate found on field conditions; and K is a parameter proportionality. The value of K was calculated as follows:

$$K = (0.0799 x - 0.01834 y - 0.0127 z + 1.930).$$

The coefficient of determination of the model was 84%.

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, MG, 1977. 27p., (Boletim de extensão, n.º 1).
3. CARMO, G.F. do. *Efeito de três tipos de cobertura vegetal sobre a velocidade de infiltração básica (VIB)*. Viçosa, U.F.V., Imprensa Universitária, 1976. 32 p. (Tese M.S.).
4. COSTA, L.M. *Caracterização das propriedades físicas e químicas dos solos de terraços fluviais na região de Viçosa, e sua interpretação para o uso agrícola*. Viçosa, U.F.V., Imprensa Universitária, 1973. 55 p. (Tese M.S.).
5. ERIE, L.J. *Evaluation of infiltration measurements*. México, Secretaria de Recursos Hidráulicos. 1970. 18 p. (Memorandum técnico, 277).
6. FORSYTHE, W. *Física de suelos, manual de laboratorio*. S. José, Costa Rica, IICA, 1975.
7. HARDY, F. *Edafologia tropical*. México, Herrero Hermanos, 1970. 415 p.
8. HILLEL, D. *Soil and water. Physical Principles and Processes*. New York, Academic Press, 1971. 288 p.
9. ISRAELSEN, D.W. & HANSEN, V.E. *Irrigation principles and practices*. New York, John Wiley and Sons., 1967. 447 p.
10. LEWIS, M.R. & POWERS, W.L. A study of factors affecting infiltration. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 7:209-214. 1942.
11. 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.).
12. MUSGRAVE, G.W. Notes on subsurface lateral movement of water applied to experimental áreas. *Jour. Amer. Soc. Agron.* 34:288-290. 1942.
13. OLIVEIRA, S.L. de. *Efeitos da carga hidráulica, da profundidade de instalação do cilindro interno e do diâmetro do cilindro externo na determinação da velocidade de infiltração básica (VIB), pelo infiltrômetro de anel*. Viçosa, U.F.V., Imprensa Universitária, 1977. 32 p. (Tese M.S.).
14. PARR, J.F. & BERTRAND, A.R. Water infiltration into soils. *Adv. in Agro-*

nomy, 12:311-342. 1960.

15. PHILLIP, J.R. The theory of infiltration: Effect of water depth over soil. *Soil Sci.* 85 (5):278-286. 1958.
16. RICHARDS, L.A. Report of the Subcommittee on Permeability and Infiltration. Committee on Terminology, *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 16(1):85-88. 1952.
17. SCARDUA, R. *Irrigação*. 3.^a ed. Piracicaba, Centro Acadêmico «Luiz de Queiroz», 1974. 148 p. (Mimeografado).
18. WISLER, O.C. & BRATER, E.F. *Hidrologia*. Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico S.A., 1964. 484 p.