

## COMPORTAMENTO DE QUATRO INFILTRÔMETROS NA DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO BÁSICA D'ÁGUA NO SOLO\*

Hélio Alves Vieira  
Salassier Bernardo  
José Tarcísio Lima Thiébaud  
Oswaldo Ferreira Valente\*\*

### 1. INTRODUÇÃO

A estimativa dos parâmetros associados à infiltração d'água no solo é imprescindível para a elaboração de projetos de irrigação, conservação de solos e manejo de bacias hidrográficas.

Por infiltração entende-se o movimento descendente d'água através da superfície do solo. A capacidade ou taxa de infiltração pode ser conceituada como a taxa máxima a que um solo, em dada condição e em determinado tempo, pode absorver água. Quantitativamente, a taxa de infiltração tem dimensões de velocidade,  $LT^{-1}$ , ou seja, «o volume d'água que penetra na superfície do solo, por unidade de área e de tempo» (2).

Quando há disponibilidade d'água para aplicação na superfície do solo, a taxa máxima de infiltração decresce com o tempo, assintoticamente, até um valor praticamente constante, denominado velocidade de infiltração básica (VIB).

A velocidade de infiltração, em determinada época e local, é a combinação de vários fatores em interações. Alguns fatores agem diferentemente de uma localidade para outra; outros são funções da época do ano. Em doze diferentes tipos de solos, um estudo dos fatores que influem na velocidade de infiltração comprovam que o efeito da cobertura pode ser, muitas vezes, mais importante que o tipo de solo (9).

Em condições de irrigação, os mais importantes fatores que influem na infiltração são: condições de superfície, características internas do solo, teor de umidade, carga hidráulica, estação do ano, temperatura do solo e da água e duração da aplicação d'água. As condições de superfície incluem: método de irrigação, operação de cultivo, chuva, folhagem, compactação, fendas do solo, erosão e cobertura de plantas. Como características internas do solo são considerados: textura, estrutura, lixiviação, ação bacteriana, desenvolvimento de raízes, atividades de organismos do solo e efeitos químicos da água absorvida pelo solo (3).

Como a velocidade de infiltração é muito influenciada pelas condições de superfície e pelos teores de umidade do solo, o conhecimento dos fatores envolvidos realmente é de importância para a interpretação dos resultados obtidos (1).

---

\* Recebido para publicação em 19-09-1977.

\*\* Respectivamente, Professor Assistente, Professor Adjunto, Professor Assistente e Professor Adjunto da Universidade Federal de Viçosa.

Um dos principais requisitos para uma correta avaliação da velocidade de infiltração básica é a escolha de um infiltrômetro adequado ao tipo de estudo. A infiltração unidimensional é normalmente determinada por infiltrômetros que aplicam água no solo sob condições d'água acumulada superficialmente ou mediante chuva artificial.

Em geral, a infiltração d'água pode ser determinada pela diferença entre a quantidade d'água aplicada e o escoamento superficial ou pela quantidade d'água que deve ser fornecida para manutenção de uma pequena carga hidráulica constante na superfície do solo.

Normalmente, infiltrômetros que utilizam uma carga d'água acima do solo são anéis, tubos ou compartimentos parcialmente introduzidos no solo e dentro dos quais se mantém uma pequena carga d'água, variável ou não. O controle da carga na superfície do solo pode ser feito por meio de registros acionados por bóias, ou pelo princípio de Mariotte (6).

Nos infiltrômetros de anéis verifica-se que a infiltração básica decresce com o aumento da área molhada (6), que a infiltração inicial é tanto maior quanto maior for a carga d'água (3) e que o efeito da carga d'água decresce gradualmente com o tempo (6).

A chuva artificial pode ser aplicada diretamente por meio de aspersores ou por meio de determinados tipos de crivos ou telas e torres gotejadoras (7). Normalmente, aplicam-se altas intensidades de chuva, para que a energia de impacto das gotas no solo seja semelhante à do impacto da chuva natural.

Normalmente, os infiltrômetros que aplicam «chuva artificial» necessitam de força motriz e de uma série de equipamentos calibradores ou protetores. Basicamente, contêm recipientes ou calhas coletoras de precipitação, anteparos para proteção contra o vento, calhas e recipientes graduados para coleta do escoamento superficial, lâminas metálicas para delimitação da área de ensaio e mecanismos adequados à obtenção de intensidade de precipitação constante.

A maior dificuldade é simular condições de chuva natural. O efeito desta, graças à sua real importância, principalmente em solo nu ou de escassa cobertura, tem merecido a atenção de bom número de pesquisadores.

Sabe-se que o diâmetro da gota decresce com o acréscimo da pressão e com a diminuição do diâmetro do bocal do aspersor, para uma mesma distância e pressão. O aumento do diâmetro da gota resulta em significativo decréscimo da velocidade de infiltração, embora esse efeito seja menor em solos arenosos. O decréscimo da infiltração é resultante da impermeabilização da superfície do solo, causada pelo impacto da chuva (5). Quando o diâmetro da gota é pequeno, a velocidade de infiltração aumenta significativamente (6). Ainda com relação à intensidade da chuva artificial, verifica-se que o tempo necessário para que a infiltração se torne constante varia inversamente à intensidade de chuva, a não ser em casos de boa cobertura vegetal ou de excessiva erosão (6).

Apesar da existência de numerosos tipos de infiltrômetros que aplicam chuva artificial, a maioria dos pesquisadores recomenda o uso de aspersores de irrigação para determinação da velocidade de infiltração básica, com vistas a projetos de irrigação por aspersão (4). Nestes casos, um mínimo de escoamento superficial já indica excessiva intensidade de aplicação.

O presente trabalho tem como objetivo geral o estudo do comportamento de quatro infiltrômetros na determinação unidimensional da velocidade de infiltração básica no solo: infiltrômetro de anel, infiltrômetro de TOVEY (8), infiltrômetro gotejador e infiltrômetro aspersor de jardim. Esses dois últimos foram desenvolvidos e testados para o presente trabalho.

## 2. MATERIAL E MÉTODO

Este trabalho foi conduzido no período de setembro a novembro de 1976, em área localizada em frente ao Laboratório de Hidráulica da Universidade Federal de Viçosa, em solo classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico, fase terraço, com densidade aparente 0,98, classificado como argila pesada, e com as seguintes características texturais: areia grossa, 3%; areia fina, 9%; silte, 24%; argila, 64%.

Usaram-se quatro infiltrômetros para determinação da velocidade de infiltração básica (VIB).

### 2.1. Infiltrômetro de Anel

Foram utilizados dois cilindros, com altura de 40 cm e diâmetros de 25 cm e

50 cm para os anéis interno e externo, respectivamente. Cada cilindro foi enterrado no solo a 15 cm de profundidade, com carga d'água, aproximadamente constante, de 5 cm, mantida por controle manual de um registro. A área entre os anéis foi alimentada por um recipiente de 200 l. As leituras das velocidades de infiltração foram feitas por meio de um piezômetro adaptado lateralmente ao reservatório de alimentação do anel interno.

### 2.2. Infiltrômetro Aspensor Tovey

Neste trabalho, usou-se aspensor marca PLUVIO 80L, com bocais de 4,9 mm e 6,2 mm de diâmetro, trabalhando sob pressão de 3 atm, aproximadamente, fornecendo precipitação máxima em torno de 13 mm/h. O recipiente cilíndrico de contenção do jato tinha 45,8 cm de diâmetro, com janela lateral correspondente a um nono da secção horizontal do recipiente. Os coletores de precipitação, em número de 40, com espaçamento de 80 cm um do outro, foram concentrados no setor circular coberto pelos jatos do aspensor. A água precipitada nos coletores era medida no final de 4 horas. Em volta da área, para cada instalação, fez-se um pequeno sulco, a fim de que se verificasse melhor o escoamento superficial. Considerou-se como VIB a intensidade de precipitação entre os limites dos coletores onde visualmente havia escoamento superficial e onde ele não corria.

### 2.3. Infiltrômetro Aspensor de Jardim

Este infiltrômetro permite avaliar a velocidade de infiltração pela diferença entre a intensidade de precipitação aplicada com dois aspersores de jardim e o escoamento superficial verificado numa área de 0,25 m<sup>2</sup>. Essa área foi delimitada com chapas metálicas de 20 cm de largura e enterradas no solo a 10 cm de profundidade. Externamente, de cada lado da área, foi colocado um coletor de precipitação, ligado pela base a um longo tubo piezométrico com 1 cm de diâmetro. Um tubo rígido, de 1,9 cm de diâmetro, conduzia o escoamento superficial da área delimitada a um depósito de medição volumétrica. A velocidade de infiltração foi avaliada indiretamente pela diferença entre a intensidade de precipitação e o escoamento superficial, que eram determinados, respectivamente, por leituras periódicas nos piezômetros e por medições volumétricas.

### 2.4. Infiltrômetro Gotejador

Foi desenvolvido e testado para o presente trabalho. Estima a infiltração pela diferença entre a precipitação e o escoamento superficial. Utilizou-se de uma bandeja gotejadora, suspensa a uma altura de 40 cm acima do solo, com base quadrada de 0,81 m<sup>2</sup> e altura de 16 cm. Os 81 gotejadores, distanciados 10 cm um do outro, foram constituídos de microtubos com 1 mm de diâmetro interno e 120 cm de comprimento apoiados dentro da bandeja e projetados apenas 3 cm sob a bandeja, por meio de contraporcas de raio de bicicleta. No final de cada ensaio, durante 30 minutos, o volume gotejado era coletado em recipiente apropriado e convertido em mm/h. Em razão do controle do fluxo lateral d'água no solo, apenas 56 gotejadores contribuíram para as medições; os outros 25 molhavam externamente a área, que, por sua vez, era delimitada com chapas metálicas introduzidas 10 cm no solo. A carga d'água na bandeja gotejadora era mantida por meio de uma mangueira conectada a um recipiente dotado de um tubo de carga constante.

Em razão de observações preliminares da velocidade de infiltração d'água no solo local e da dificuldade de controlar os efeitos das fendas do solo sobre as determinações da velocidade de infiltração básica, foram computadas somente as determinações inferiores a 20 mm/h.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em razão do efeito de fendas existentes na área experimental, foram desprezados 70% das determinações obtidas com o infiltrômetro de anel, 25% das obtidas com o infiltrômetro aspensor de jardim e 25% das obtidas com o gotejador.

O Quadro 1 apresenta as velocidades de infiltração básica determinadas pelos quatro infiltrômetros.

Obtiveram-se menores valores da velocidade de infiltração básica com o infil-

QUADRO 1 - Velocidade de infiltração básica, nos 4 infiltrômetros, em mm/h (\*)

Blocos	Tovey	Jardim	Anel	Gotejador
I	10,0	4,2	8,0	14,8
II	5,0	14,2	18,0	16,1
III	7,0	8,2	8,0	13,9
IV	6,0	5,4	12,0	16,2
V	7,0	13,0	14,0	12,7
VI	6,0	10,5	9,0	11,4
Médias	6,83 A	9,25 AB	11,50 AB	14,18 B

\* Médias seguidas pela mesma letra não diferem, significativamente, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

trômetro aspersor Tovey. No entanto, não houve diferença significativa, ao nível de 5%, por Tukey, entre os infiltrômetros Tovey, anel e aspersor de jardim.

O resultado médio obtido no infiltrômetro gotejador não diferiu, significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, das médias dos infiltrômetros aspersor de jardim e anel (Quadro 1).

### 3.1. Infiltrômetro Aspersor Tovey

A forte energia de impacto do jato do aspersor causou pequeno carreamento de materiais e compactação do solo, diminuindo sua condutividade hidráulica e fechando as fendas na superfície do solo. Este fato poderá explicar o aproveitamento integral em todos os ensaios com este infiltrômetro.

A grande área coberta pelo jato do aspersor permitiu bom controle da infiltração lateral na área central do ensaio.

As variações na intensidade e na direção dos ventos podem prejudicar algumas determinações com este tipo de infiltrômetro.

### 3.2. Infiltrômetro de Anel

Com este tipo de infiltrômetro praticamente não se verifica a impermeabilização superficial do solo, havendo sobre ele uma carga d'água mais ou menos constante. Os desvios anormais obtidos nas determinações com infiltrômetro de anel estão basicamente relacionados com a frequência de rachaduras no solo da área experimental.

Nas condições experimentais, as fendas do solo eram mais profundas que os 15 cm de profundidade de instalação do aparelho.

Para evitar fortes desvios nas determinações da velocidade de infiltração básica com este infiltrômetro, seria necessário um método capaz de seccionar as fendas laterais ao infiltrômetro ou utilizar maior água para controle da infiltração lateral.

### 3.3. Infiltrômetro Aspersor de Jardim

A utilização deste tipo de infiltrômetro constituiu uma pesquisa preliminar. Ele é de baixo custo, relativamente portátil e pode ser operado por uma só pessoa, embora seu manejo seja trabalhoso. Necessita de uma motobomba, de boa disponibilidade de água e permite baixas intensidades de aplicação d'água. Molha grande área, o que facilita o controle do fluxo lateral.

Deve-se ter especial cuidado ao manejar o equipamento, a fim de evitar bolhas de ar nos piezômetros e dobras destes na base do suporte vertical de leitura.

### 3.4. Infiltrômetro Gotejador

É portátil e pode ser facilmente manejado por uma pessoa. Permite intensidades de precipitação constantes, as quais, dependendo do comprimento do microtubo gotejador e/ou da carga utilizada, podem variar de 6 mm/h até 100 mm/h ou mais. Além disto, permite fácil observação dos fenômenos relativos à infiltração e ao escoamento superficial, possibilitando, ainda, variação da área de controle do fluxo lateral.

## 4. RESUMO

Estudou-se o comportamento de quatro infiltrômetros na determinação da velocidade de infiltração básica d'água no solo. Foram usados os infiltrômetros de Tovey, de anel, aspersor de jardim e gotejador, este último desenvolvido no Laboratório de Hidráulica da Universidade Federal de Viçosa para esta pesquisa.

Foi usado o delineamento em blocos casualizados. A partir de observações locais do comportamento do solo na infiltração d'água de chuva, foram desprezadas as determinações superiores a 20 mm/hora.

Verificou-se não haver diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade, entre o infiltrômetro de Tovey, o aspersor de jardim e o anel, assim como não houve entre o infiltrômetro aspersor de jardim, o anel e o gotejador.

Os infiltrômetros de Tovey e gotejador diferenciam-se significativamente, por Tukey, ao nível de 5%. Este comportamento pode ser explicado principalmente pela forte energia de impacto das gotas precipitadas pelo infiltrômetro de Tovey. Em razão, principalmente, das rachaduras existentes na área experimental, desprezaram-se 70% dos ensaios com o infiltrômetro de anel, sendo desprezados apenas 25% dos ensaios com os infiltrômetros de jardim e gotejador.

A proporção de determinações desprezadas, devidas principalmente a fendas no solo, e os valores quantitativos das velocidades de infiltração básicas obtidas pelos diferentes métodos estão relacionados, basicamente, com os efeitos da área total molhada e do impacto da gota no solo. Considerando a alta proporção de ensaios perdidos com o infiltrômetro de anel, recomendam-se especiais cuidados na interpretação de dados de campo com ele obtidos para solos em condições físicas semelhantes às da área experimental deste trabalho. Em razão de sua simplicidade e de seu baixo custo, o infiltrômetro gotejador poderá ser bastante útil, principalmente para solos que estejam protegidos do impacto direto das gotas durante o processo normal de infiltração.

## 5. SUMMARY

Research was conducted at the Federal University of Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brazil, in order to study the performance of four different infiltrometers in determining the basic infiltration rate.

Tovey, ring, garden sprinkler and drip infiltrometers were tested. The drip infiltrometer was developed in the hydraulic laboratory of the university. The experiment was conducted using a randomized complete block design.

No statistical difference was found at the 5% level among the Tovey, garden sprinkler and ring infiltrometers, nor among the garden sprinkler, ring, and drip infiltrometers. Difference was significant only between the Tovey and drip infiltrometers.

## 6. LITERATURA CITADA

1. BERTRAND, A.R. Rate of water in the field. In: *Methods of Soil Analysis*. 2.<sup>a</sup> ed. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 1965. 770 p.
2. CHAIMAN, L.A.R. Report of the subcommittee on permeability and infiltration. *Soil Sci. Amer. Proc.* 16 (1):85-88. 1952.
3. ERIE, L.J. *Evaluation of infiltration measurements*. (Paper n.º 60-700. U.S.D.A.) 18 p. Tempe, Arizona, 1960.

4. EUA. Soil Conservation Service. Soil-Plant-water Relationships. *National engineering handbook*. Washington, D.C. 1964. 72 p.
5. LEVINE, G. Effects of irrigation droplet size on size on infiltration and aggregate breakdown. *Agricultural Engineering*, 33(9):159-160. 1952.
6. PARR, J.F. & BERTRAND, A.R. Water infiltration into soils. *Adv. in Agronomy*, 12:311-358. 1960.
7. PHILIP, J.R. The Theory of infiltration: 4. Sorptivity and algebraic infiltration equations. *Soil Sci.* 3(84):257-263. 1957.
8. TOVEY, R. A portable irrigation sprinkler evaluation device. *Agricultural Engineering*, 44(12):672-673. 1963.
9. WISLER, O.C. & BRATER, E.F. *Hidrologia*. Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico S.A., 1964. 484 p.