

DETERMINAÇÃO DA INFILTRAÇÃO E VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA PELO MÉTODO DE INFILTRÔMETRO DE ANEL EM SOLO DE CERRADO NO MUNICÍPIO DE RONDONÓPOLIS-MT

Eliane Aparecida Antunes Fagundes¹, Marcio Koetz², Norman Rudel³, Tania Silveira dos Santos³, Rebeca Porto³

1. Estudante no curso de mestrado em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Mato Grosso, Campus Rondonópolis (elifagundes@hotmail.com)
2. Professor Adjunto da Universidade Federal de Mato Grosso - Campus Rondonópolis – Brasil.
3. Estudantes no curso de mestrado em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Mato Grosso, Rondonópolis – Brasil.

Recebido em: 04/05/2012 – Aprovado em: 15/06/2012 – Publicado em: 30/06/2012

RESUMO

A infiltração de água no solo é o processo de entrada de água através da superfície do solo. O conhecimento da taxa de infiltração da água no solo é de fundamental importância para definir técnicas de conservação do solo, planejar e delinear sistemas de irrigação e drenagem, bem como auxiliar na composição de uma imagem mais real da retenção da água e aeração no solo. O presente trabalho teve como objetivo determinar as curvas de infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método de infiltrômetro de anel em um solo de cerrado mato-grossense. O Infiltrômetro de anel é um equipamento composto por dois anéis (50 e 25 cm de diâmetro e 30 cm de altura), que são instalados de forma concêntrica e enterrados a 15 cm. Pode-se concluir que o método de infiltrômetro de anel é simples e prático para determinação da infiltração acumulada (I) e a velocidade de infiltração (VI). O solo foi caracterizado de textura franco-arenosa e sua VIB (velocidade de infiltração básica) foi classificada como muito alta (4 cm h⁻¹).

PALAVRAS-CHAVE: infiltração, velocidade de infiltração, textura

INFILTRATION RATE AND WATER INFILTRATION BY THE METHOD IN SOIL OF SAVANNAH IN THE DISTRICT OF RONDONÓPOLIS

ABSTRACT

The soil water infiltration is the process of entry of water through the soil surface. The knowing of the rate of water infiltration in soil is of fundamental importance to define soil conservation techniques, the planning and design of systems of irrigation and drainage, as well as assisting in the composition of a truer picture of water retention and soil aeration. This present work aimed to determine the curves of infiltration and infiltration velocity rate of water by the method of ring's infiltrimeter in a soil of savanna in Mato Grosso state. Ring's infiltrimeter is a equipment that consists of two rings (50 and 25 cm of diameter and 30 cm high) which are installed concentrically or buried at 15 cm. It can be conclude that the method of ring's infiltrimeter is simple and practical to determine the cumulative infiltration (I) and

infiltration velocity (VI). The soil was characterized as sandy-loam's texture and his VIB (basic infiltration rate) was classified as very high (4 cm h^{-1}).

KEYWORDS: Infiltration, rate of infiltration, texture

INTRODUÇÃO

A infiltração de água no solo é o processo de entrada de água através da superfície do solo. Segundo BERNARDO (1989), sob chuva ou irrigação contínua, a velocidade de infiltração se aproxima, gradualmente, de um valor mínimo e constante. Esse valor constante que a velocidade de infiltração atinge com o passar do tempo é conhecido por velocidade de infiltração básica (VIB).

O processo de infiltração ocorre porque a água da chuva ou da irrigação, na superfície do solo tem potencial total aproximadamente nulo e a água do solo tem potencial negativo, potencial este tanto mais negativo quanto mais seco estiver o solo. É estabelecido então um gradiente de potencial total, que é a soma dos potenciais gravitacional e matricial. No início da infiltração, quando o solo está relativamente seco, o potencial matricial é relativamente grande em relação ao potencial gravitacional. Ao longo do tempo de infiltração, com o umedecimento do solo e redução do potencial matricial, o gradiente de potencial total passa a ser igual ao potencial gravitacional (REICHARDT, 1987). Por isso o processo de infiltração é um processo desacelerado (REICHARDT, 1987; BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990; LIBARDI, 1995; ARAÚJO FILHO & RIBEIRO, 1996) que assume um valor constante após um determinado tempo, denominado de velocidade de infiltração básica (VIB).

O processo de infiltração depende, em maior ou menor grau, de diversos fatores. RAWLS et al., (1996) classificam em quatro categorias os fatores que interferem a infiltração, sendo eles: os fatores ligados ao solo, que incluem a textura do solo (SILVA & KATO, 1997; BERTONI & LOMBARDI, 1990), massa específica (SALES et al., 1999), teor de matéria orgânica, porosidade (PERROUX & WHITE, 1988; EVERTS & KANWAR, 1992) e tipo de argila e químicas, além da umidade (ARAÚJO FILHO & RIBEIRO, 1996), capacidade de retenção e a condutividade hidráulica. O conhecimento da taxa de infiltração da água no solo é de fundamental importância para definir técnicas de conservação do solo, planejar e delinear sistemas de irrigação e drenagem, bem como auxiliar na composição de uma imagem mais real da retenção da água e aeração no solo.

Do ponto de vista físico, a estrutura do solo se apresenta tão importante quanto à textura, pois, solos argilosos bem estruturados podem mostrar maiores taxas de infiltração do que os com estrutura instável, que sofrem dispersão quando umedecidos ou submetidos a algum agente desagregador, em vista da estabilidade dos agregados ser determinada pelos chamados agentes cimentantes, que são representados principalmente pela matéria orgânica e pelos óxidos de Fe e Al. Dessa forma, à medida que aumenta a concentração destes componentes no solo, maior é a possibilidade do solo apresentar estrutura mais estável (SHAINBERG & LEVY, 1995; SILVA & KATO, 1997).

BOOHER (1974), WALKER & SKOGERBOE (1987) e BAUTISTA & WALLANDER (1993) comentam que o adequado dimensionamento e o manejo dos sistemas de irrigação por superfície requerem o conhecimento detalhado das características de infiltração da água no solo,

Segundo REICHARDT (1987), o conhecimento desta variável é imprescindível para a elaboração de um projeto de irrigação com objetivo de obter maior rendimento das culturas. A determinação da infiltração tem sido amplamente

estudada e ainda não existe um parecer geral sobre qual é o melhor método para sua determinação. Entre as propriedades físicas do solo, a infiltração é uma das mais importantes quando se estudam fenômenos que estão ligados ao movimento de água entre estes a infiltração e a redistribuição (CARVALLO, 2000).

A determinação da VIB pode ser feita em nível de campo, com a utilização de alguns equipamentos, porém, é um processo demorado e trabalhoso, sendo assim criou-se tabelas que expressam a classe do solo para uma determinada VIB (Tabela 01).

Tabela 01. Classificação do solo a partir de sua VIB:

Tipos de solo	VIB (cm/h)
Solo de VIB muito alta	> 3,0
Solo de VIB alta	1,5 - 3,0
Solo de VIB média	0,5 - 1,5
Solo de VIB baixa	< 0,5

Fonte: Bernardo et al., (2006)

Vários métodos de campo têm sido utilizados para determinar a VI de um solo, dentre eles pode-se destacar o método do infiltrômetro de anel, por ser simples e de fácil execução. Entretanto, cabe ressaltar que a escolha do método deve ser condizente com o tipo de irrigação que será utilizada naquela área. MANTOVANI et al., (2006) destacam que em irrigação, mais importante do que a VI é a velocidade de infiltração básica (VIB), sendo ela quem vai dizer se o solo suporta a intensidade de aplicação imposta por determinado tipo de emissor, ou seja, ela deve ser levada em conta na escolha, por exemplo, dos aspersores no método de irrigação por aspersão.

Este trabalho teve como objetivo determinar as curvas de infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método de infiltrômetro de anel.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em um solo com cobertura vegetal de braquiária localizado no Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, da Universidade Federal de Mato Grosso Campus de Rondonópolis. “O município está localizado na região Centro Oeste no Estado de Mato Grosso com uma latitude de 16°28'15” sul e a uma longitude 54°38'08” oeste, estando a uma altitude de 227 metros. Sua população é de aproximadamente 195.476 habitantes e a região tem vegetação típica do cerrado (IBGE, 2012).

A velocidade de infiltração básica (VIB), foi determinada seguindo metodologia de BERNARDO et al. , (2006), utilizando-se o método do infiltrômetro de anel, que consiste em dois anéis, colocados concentricamente (Figura 1, 2, 3 e 4), sendo o menor com diâmetro de 25 cm e o maior com 50 cm, e altura de 30 cm.



Figura 1. Instalação do infiltrômetro de anel.
Fonte: Os autores.



Figura 2. Dois anéis instalados.
Fonte: Os autores.



Figura 3. Acréscimo de água no anel.
Fonte: Os autores.



Figura 4. Régua de leitura inserida no anel.
Fonte: Os autores.

O anel externo tem como finalidade reduzir o efeito da dispersão lateral da água infiltrada do anel interno. Assim, a água do anel interno infiltra no perfil do solo em direção predominante vertical, o que evita a superestimativa da taxa de infiltração. Após a instalação dos anéis, enterrando-os no solo até aproximadamente metade de sua altura, revestiu-se o anel central com plástico e colocou-se água ao mesmo tempo nos dois anéis. Retirou-se o plástico e, com uma régua, acompanhou-se a infiltração vertical no anel interno, em intervalos de tempo iniciados a dois minutos. Observando-se em um cronômetro simultaneamente, esse tempo foi aumentando, sendo variável com o tempo de infiltração do volume de água.

Nos dois cilindros, manteve-se a altura da lâmina de água máxima de aproximadamente 5 cm, permitindo oscilação máxima de 4 cm. O tempo em minutos realizado de cada leitura foi: 0, 2, 4, 5, 10 e 15 minutos a contar do instante zero e, com repetições até o tempo total de duração do teste de 119 minutos. O critério adotado neste trabalho para condição de taxa de infiltração constante foi quando o valor de leitura da carga de água no cilindro interno se repetiu pelo menos quatro vezes.

A partir dos dados obtidos em campo foi possível determinar a equação da infiltração e de capacidade de infiltração (CI). As equações que descrevem a infiltração são:

$$I = C \times T^n \quad (1)$$

em que:

I = Infiltração acumulada (mm);

C = constante que evidencia lâmina infiltrada no primeiro minuto, em cm;

T = tempo transcorrido para infiltrar a lâmina de água, em min;

n = declividade da reta, determinada no local para cada tipo de solo, tendo como limites $0 < n < .$

A velocidade de infiltração instantânea, foi obtida pela equação (eq. 2):

$$VI = n \times C \times T^{n-1} \quad (2)$$

fazendo: $n \times C = K$ tem-se a equação (eq.3):

$$VI = 60 \times K \times T^{n-1} \quad (3)$$

Onde:

VI = velocidade de infiltração instantânea, em mm.h^{-1} ;

K = capacidade de infiltração no primeiro minuto, em mm.h^{-1} ;

T = tempo transcorrido para atingir a velocidade de infiltração instantânea, em min;

n = declividade da reta, determinada no local para cada tipo de solo, tendo como limites $-1 < n < 0$.

Aplicando-se os logaritmos, temos:

$\text{Log} I = \text{Log} C + n \times \text{Log} T$ que é a equação de uma reta do tipo $y = a + bx$, assim:

$y = \text{Log} I$ (infiltração acumulada)

$a = \text{Log} C$

$b = n$

$x = \text{Log} T$ (tempo acumulado)

Para encontrar os valores na equação linear utiliza-se o método de regressão linear, dada pela equação (eq. 4) :

$$n = B = \left(\frac{\sum(x,y) - \frac{(\sum x)(\sum y)}{N}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}} \right) \quad (4)$$

Sendo N igual ao número de leituras realizada com a régua.

$A = Y_{\text{médio}} - B \times X_{\text{médio}}$ e

$C = \text{anti log } A$;

Para obtenção do tempo da velocidade de infiltração básica, foi usada a equação (eq. 5):

$$T_{vib} = \left(\frac{-0,001}{C.n.(n-1)} \right)^{\frac{1}{(n-2)}} \quad (5)$$

T_{vib} = tempo para atingir a velocidade de infiltração básica, em min;

n = declividade da reta, determinada no local para cada tipo de solo.

C = constante que evidencia lâmina infiltrada no primeiro minuto, em cm;

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A determinação da infiltração acumulada (I_a) e da velocidade de infiltração (V_I) do solo pelo método do infiltrômetro de anel foram obtidas conforme os dados demonstrados na Tabela 2. A partir dos dados obtidos no campo, elaborou-se os gráficos de Infiltração acumulada (I_a) e de Velocidade de Infiltração (V_I). Percebe-se que ao longo do teste a infiltração acumulada (I_a) aumenta com o tempo (Figura 5), e a velocidade de infiltração (V_I) diminui, até o valor se aproximar de uma estabilidade (Figura 6).

Tabela 2. Determinação da infiltração acumulada (Ia) e da velocidade de infiltração (VI) pelo método do infiltrômetro de anel.

Horário	Tempo(min)		Régua (mm)		Infiltração		Tempo acumulado (T)	Inf. Acum. (I)	X = Log T	Y = Log I	XY	X ²	
	DT	Acumulado	Leitura	Diferença	Acumulada(cm)	VI (cm/h)							
08:29			7,5										
08:31	2	2	7	0.5	0.5	15	2	0.5	0.30103	-0.30103	-0.09062	0.09062	
08:33	2	4	7	0	0.5	0	4	0.5	0.60206	-0.30103	-0.18124	0.36248	
08:35	2	6	6.5	0.5	1	30	6	1	0.77815	0.00000	0.00000	0.60552	
08:39	4	10	6	0.5	1.5	15	10	1.5	1.00000	0.17609	0.17609	1.00000	
08:43	4	14	5.9	0.1	1.6	1.5	14	1.6	1.14613	0.20412	0.23395	1.31361	
08:48	5	19	5,0(7,0)	0.9	2.5	10.8	19	2.5	1.27875	0.39794	0.50887	1.63521	
08:53	5	24	6.7	0.3	2.8	3.6	24	2.8	1.38021	0.44716	0.61717	1.90498	
08:58	5	29	6	0.7	3.5	8.4	29	3.5	1.46240	0.54407	0.79564	2.13861	
09:03	5	34	5.5	0.5	4	6	34	4	1.53148	0.60206	0.92204	2.34543	
09:13	10	44	5,0(7,0)	0.5	4.5	3	44	4.5	1.64345	0.65321	1.07352	2.70094	
09:23	10	54	6.5	0.5	5	3	54	5	1.73239	0.69897	1.21089	3.00119	
09:43	10	64	6	0.5	5.5	3	64	5.5	1.80618	0.74036	1.33723	3.26229	
09:53	10	74	5,0(7,0)	1	6.5	6	74	6.5	1.86923	0.81291	1.51952	3.49403	
10:08	15	89	6	1	7.5	4	89	7.5	1.94939	0.87506	1.70584	3.80012	
10:23	15	104	5,0(7,0)	1	8.5	4	104	8.5	2.01703	0.92942	1.87467	4.06842	
10:38	15	119	6	1	9.5	4	119	9.5	2.07555	0.97772	2.02931	4.30790	
10:53	15	134	5	1	10.5	4	134	10.5	2.12710	1.02119	2.17218	4.52457	
									TOTAL	24.70054	8.47823	15.90507	40.55591
									MÉDIA	1.4530	0.4987	0.9356	2.3856

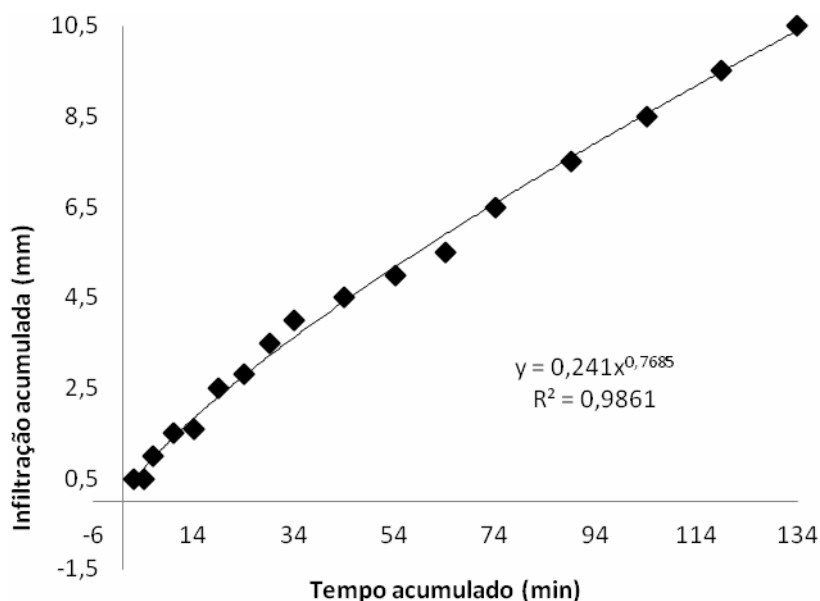


Figura 5. Infiltração acumulada (cm).
Fonte: dados de pesquisa.

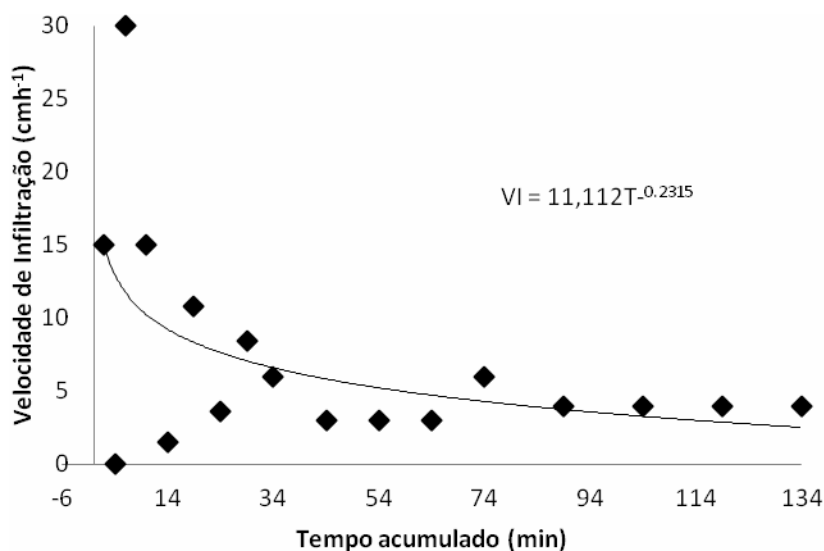


Figura 6. Velocidade de infiltração da água no solo (cm h⁻¹).
Fonte: dados de pesquisa.

Inicialmente observou-se uma velocidade de infiltração de 15 cm h⁻¹ e gradativamente este valor foi diminuindo lentamente no decorrer do tempo, de forma que após duas horas e vinte e quatro minutos (08:29 às 10:53) alcançou um valor constante de 4 cm h⁻¹, sendo então este o valor denominado de VIB (Velocidade de Infiltração Básica do solo) (Figura 6).

De acordo com BERNARDO et al., (2006) o solo pode ser classificado de acordo com a sua velocidade de infiltração básica em: > 30 mm/h (VIB muito alta), de 15-30 mm/h (VIB alta), 5-15 mm/h (VIB média) e < 5mm/h (VIB baixa). O valor

para a VIB encontrado classifica o solo com uma VIB muito alta já que é maior que $3,0 \text{ cm.h}^{-1}$.

Esse resultado sugere que o solo é de textura franco-arenosa já que a VIB está relacionada com a textura e estrutura do solo. Os valores de VIB segundo a textura do solo podem ser: arenosa quando de 25 a 250 mm/h; franco-arenosa de 13 a 76 mm/h; franco-arenosa-argilosa de 5 a 20 mm/h e franco-argilosa: 2,5 a 15 mm/h (BERNARDO et al., 2006)

A infiltração acumulada de água no solo foi descrita pela equação potencial ou de Kostiakov e seus coeficientes e expoentes foram determinados pelo método da regressão linear, aplicando-se a transformação logarítima nos dados de tempo acumulado e infiltração acumulada da Tabela 2. Sendo assim, as equações de infiltração acumulada e velocidade instantânea encontradas foram:

$$I_a = 0,2410 \times T^{0,7685} \quad \text{e} \quad VI = 11,112 \times T^{-0,2315}$$

CONCLUSÃO

O método de infiltrômetro de anel é simples e prático para determinação da infiltração acumulada (I) e da velocidade de infiltração (VI). Além disso, pode-se concluir que o solo caracteriza-se ser de textura franco-arenosa e sua VIB, velocidade de infiltração básica, é classificada como muito alta (4 cm h^{-1}).

REFERÊNCIAS

ARAÚJO FILHO, J. C.; RIBEIRO, M. R. Infiltração de água em Cambissolos do Baixo do Irecê (BA). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, p.263-370, 1996.

BAUTISTA, E.; WALLANDER, W.W. Numerical calculations of infiltration in furrow irrigation simulation models. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v.119, n. 2, p. 286-311, 1993.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 5.ed. Viçosa:UFV, Imprensa Universitária, 1989. 596p.

BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. Ed. Atual. e Ampl. Viçosa: UFV, 2006. 625p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. Piracicaba: Livroceres, 1990, 355 p.

BOOHER, L.J. **Surface irrigation**. Rome: FAO, 1974, 160p. FAO, 95

CARVALLO, H.O.G. **Física dos solos**. 1 ed. Campina Grande: UFPB, 2000. 173 p.

EVERTS, C. J.; KANWAR, R. S. Interpreting tension-infiltrimeter data for quantifying soil macropores: some practical considerations. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, 36(2):423-428, 1992.

IBGE. Censo demográfico: 2011. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=510760>. Acesso em 05 de Abril de 2012.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. 1.ed. Piracicaba, 1995. 497 p.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 2006. 318 p.

PERROUX, K. M.; WHITE, I. Designs for disc permeameters. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.52, p.1205-1215, 1988.

RAWLS, W.J., DAVID, G., VAN MULLEN, J.A., WARD, T.J. Infiltration. In: **ASCE Hydrology Handbook**. 2.ed. New York. p.75-124. (ASCE Manuals and Report on Engineering Practice, 28), 1996.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo, Manole, 1987. 188 p.

SALES, L. E. O.; FERREIRA, M. M.; OLIVEIRA, M. S.; CURI, N. Estimativa da velocidade de infiltração básica do solo. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.34, n.11, p.2091-2095, nov/1999

SHAINBERG, I.; LEVY, G.J. Infiltration and seal formation processes. In: **Soil erosion, conservation, and rehabilitation**. New York: Ed. M. Agassi, marcel Dekker, Inc., p.1-22, 1995.

SILVA, C.L.; KATO, E. Efeito do selamento superficial na condutividade hidráulica saturada da superfície de um solo sob cerrado. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 32, n. 2, p. 213-220, 1997

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