

INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NUM LATOSSOLO ROXO¹

FERNANDO FALCO PRUSKI², VALMIR VENDRAME³, EDSON FELICIANO DE OLIVEIRA⁴,
LUIZ CARLOS BALBINO⁵, PAULO AFONSO FERREIRA⁶, LOVÂNIA WERLANG⁷ e
LUCIANO TORRES DE CARVALHO⁸

RESUMO - O experimento foi realizado em um Latossolo Roxo distrófico, e os tratamentos utilizados foram o método do infiltrômetro de anel e quatro combinações diferentes de intensidade e duração da precipitação obtidas com o infiltrômetro de aspersão tipo simulador de chuvas. Em cada parcela experimental foram realizadas quatro sucessões de aplicação de água em dias consecutivos. O solo foi previamente preparado, encontrando-se sem cobertura vegetal no momento dos ensaios. Os resultados permitiram evidenciar que a velocidade de infiltração e a variação entre os valores obtidos nos ensaios com o infiltrômetro de anel foi superior à encontrada nos demais tratamentos. A velocidade de infiltração diminuiu com as aplicações sucessivas de água ao solo e com o aumento da precipitação total aplicada, independentemente da intensidade da precipitação.

Termos para indexação: precipitação, selamento superficial, escoamento superficial, infiltrômetro de anel, infiltrômetro de aspersão.

WATER INFILTRATION IN A DUSKY-RED LATOSOL

ABSTRACT - The experiment was carried out with a Dusky-Red Latosol dystrophic. The method of the ring infiltrometer and four combinations of intensity and duration of rainfall with the sprinkler infiltrometer method were applied. On four consecutive days water was applied in each plot. The soil was previously prepared, and kept without vegetation during the duration of the experiment. The results showed that the velocity of infiltration and the variation of the values of velocity of infiltration obtained with the ring infiltrometer was higher than the values obtained with the remaining treatments. The velocity of infiltration diminished with successive water applications to the soil and with the increase of total precipitation applied, independently of the intensity of the precipitation.

Index terms: rainfall, surface seal, runoff, ring infiltrometer, sprinkler infiltrometer.

INTRODUÇÃO

O conhecimento da velocidade de infiltração da água no solo é fundamental para a solução de problemas relativos às áreas de irrigação, drenagem, conservação da água e do solo e controle do deflúvio superficial, sendo de grande importância, para o manejo do solo e da água, o entendimento do processo de infiltração e de suas relações com as propriedades do solo.

A velocidade de infiltração da água no solo é influenciada por grande número de fatores relativos ao solo e às condições a que ele é submetido. Dentre os fatores que exercem influência no processo de infiltração da água no solo está o selamento superficial. Vieira (1977), Roth & Meyer (1983) e Sidiras

¹ Aceito para publicação em 2 de agosto de 1996.

² Eng. Agríc., Dr., Prof. Adjunto, Dep. de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa - DEA/UFV, CEP 36571-000 Viçosa, MG. Bolsista do CNPq.

³ Eng. Agríc., Rua Mém de Sá 1409, Bloco 2/103, CEP 87005-010 Maringá, PR.

⁴ Eng. Agr., M.Sc., Organização das Cooperativas do Estado do Paraná - OCEPAR, Caixa Postal 1203, CEP 85800-000 Cascavel, PR.

⁵ Eng. Agr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), Caixa Postal 179, CEP 74001-970 Goiânia, GO.

⁶ Eng. Agr., Prof. Titular, DEA/UFV. Bolsista do CNPq.

⁷ Eng. Agríc., Rua das Orquídeas 685, Jardim Guarujá, CEP 85803-240 Cascavel, PR.

⁸ Eng. Agríc., Rua Gomes Barbosa 151, CEP 36570-000 Viçosa, MG.

& Roth (1984) salientam que a inadequação do método do infiltrômetro de anel na determinação da velocidade de infiltração básica da água no solo (VIB), principalmente para caracterizar seu valor em solo sem cobertura, deve-se sobretudo ao fato de ele não considerar o selamento superficial decorrente da precipitação. Outros fatores, entretanto, como: deformação na estrutura do solo decorrente da cravação dos anéis, o escoamento que ocorre na interface da parede interna do anel com o solo, e a pequena área em que é realizado o ensaio, também contribuem para que os valores de velocidade de infiltração da água no solo obtidos com o infiltrômetro de anel tenham pouca representatividade.

Moore & Larson (1980) mostram como o encrostamento ou selamento superficial é um processo importante, mas extremamente complexo, causado principalmente pelo impacto das gotas de chuva. O solo junto à superfície submetida ao selamento apresenta alta densidade aparente e baixa porosidade, e, embora possa ser de pequena espessura, seu efeito nas propriedades hidráulicas influencia expressivamente as características da infiltração. A camada compactada reduz a infiltração, aumentando o escoamento superficial (Baver et al., 1972; Derpsch et al., 1991).

McIntyre (1958) descreve a seqüência de eventos que conduzem ao encrostamento da superfície do solo como sendo a combinação dos seguintes processos: a) quebra dos agregados do solo úmido pelo impacto das gotas da chuva; b) movimento das partículas finas dispersas ao longo de poucos centímetros abaixo da superfície, e sua deposição nos poros do solo; c) compactação da camada superficial do solo pelo impacto das gotas de chuva, produzindo uma delgada película de solo compactado; e d) deposição do material fino em suspensão, com a conseqüente orientação das partículas de argila, de modo a reduzir a velocidade de infiltração da água no solo.

Mannerling, citado por Moore (1981), mostrou que em muitos casos a velocidade de infiltração em solos descobertos é de somente 20% a 30% da velocidade em solos protegidos. O selamento superficial pode superar em muito o efeito de outros fatores que afetam a infiltração em solos sem proteção.

Quanto maior for a resistência dos agregados ao impacto das gotas de chuva, menor será o selamento da superfície do solo (Roth et al., 1986).

O grau de formação do selamento superficial varia em função da constituição, cobertura e intensidade de preparo do solo, e da energia associada à precipitação (Derpsch et al., 1991; Brito, 1993). Morrison et al. (1985), entretanto, afirmam que existem poucas informações a respeito da influência da precipitação no selamento superficial.

Pruski (1993) desenvolveu modelo físico-matemático, com o qual é possível, conhecendo-se a velocidade de infiltração básica da água no solo, determinar a lâmina de escoamento superficial e a altura recomendada para os terraços, em localidades onde a relação entre intensidade, duração e frequência da precipitação é conhecida. A maior dificuldade para a aplicação do modelo está na determinação da velocidade de infiltração da água no solo de uma forma confiável, uma vez que essa é influenciada pelo processo de selamento superficial decorrente de precipitações sobre o solo.

O presente trabalho objetivou comparar valores de velocidade de infiltração da água num Latossolo Roxo, determinados com os infiltrômetros de anel e de aspersão, bem como avaliar os efeitos de aplicações sucessivas de água sobre a velocidade de infiltração.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em um Latossolo Roxo distrófico, A moderado, textura argilosa, fase floresta subtropical perenifólia e relevo suave ondulado, no período de 17/8 a 27/8/93, no Centro de Pesquisa Eloy Gomes, da OCEPAR, em Cascavel, PR. O solo foi preparado com uma aração (arado de aiveca) de 20 a 25 cm de profundidade e duas gradagens de 8 a 12 cm de profundidade. A aração foi realizada no dia 22/5, e as gradagens, nos dias 24/5 e 16/6/93. Quando da realização do experimento, o solo não apresentava cobertura vegetal.

A análise textural realizada em amostra retirada na profundidade de 0 a 20 cm indicou os seguintes resultados: areia, 9%, silte, 13%, argila, 78%. A área experimental possui declividade média de 4%.

No experimento utilizaram-se cinco tratamentos, realizando-se os ensaios em dois locais diferentes, caracterizados, nesse trabalho, como faixas. Os tratamentos consistiram em quatro combinações entre intensidade e dura-

ção da precipitação, aplicadas por meio de um simulador de chuvas e por meio do infiltrômetro de anel.

Em cada unidade experimental realizaram-se quatro ensaios em dias consecutivos. Utilizou-se o infiltrômetro de anéis concêntricos com diâmetros de 30 cm (área de 707 cm²) e 60 cm, e o procedimento foi conforme descrito por Bernardo (1989). Nos tratamentos com o infiltrômetro de aspersão tipo simulador de chuvas, as unidades experimentais foram delimitadas por infiltrômetros de 90 X 90 cm (área de 8.100 cm²), que foram introduzidos no solo, mediante percussão, até uma profundidade de 15 cm.

O infiltrômetro de aspersão utilizado no experimento opera com apenas um bocal, que é trocado quando se deseja alterar a intensidade de precipitação. A altura do bocal em relação à superfície do solo foi de 2,9 m, e a pressão de operação utilizada, medida no bocal, foi 0,6 kgf/cm².

As intensidades de precipitação desejadas foram obtidas utilizando-se os bocais de aspersão da marca Asbrasil, caracterizados como Veejeet 80/100 e Veejeet 80/150. Outra forma possível de variação da intensidade de precipitação nesse tipo de simulador de chuvas é alterar o tempo efetivo de aplicação da água na parcela experimental durante o ensaio, tendo em vista o movimento giratório apresentado pelo eixo ao qual é fixo o bocal. A intensidade de precipitação média sobre a parcela foi obtida dividindo-se a lâmina aplicada pelo tempo do ensaio, considerando os tempos de aplicação na parcela experimental e fora dela, ou seja, em uma calha que permite a recirculação da água. Essas regulagens permitiram obter quatro intensidades distintas de precipitação.

As intensidades médias de precipitação e as durações utilizadas estão apresentadas na Tabela 1, juntamente com as precipitações totais associadas a elas, as quais foram selecionadas conforme a relação entre intensidade, duração e frequência das precipitações observadas no município de Cascavel para período de retorno de dez anos, conforme a equação:

$$i_m = \frac{1470,62}{(t+5)^{0,776}}, \quad (1)$$

em que

i_m = intensidade máxima média de precipitação, mm/h; e
 t = duração da precipitação, min.

Uma vez que a condição crítica para a obtenção do escoamento superficial máximo é aquela na qual a superfície do solo está descoberta e este encontra-se saturado, procedeu-se, antes da realização da primeira aplicação de

TABELA 1. Bocais utilizados, intensidades médias de precipitação, durações e precipitações totais.

Bocal utilizado (Veejeet)	Intensidade média de precipitação (mm/h)	Duração (min)	Precipitação (mm)
80/100	45,0	90	67,5
80/150	67,5	50	56,3
80/150	83,0	35	48,4
80/150	155,0	15	38,8

água na parcela experimental, a adição de uma lâmina d'água de 52,5 mm (limite estabelecido pelo "Soil Conservation Service", no método do número da curva, referente à precipitação acumulada nos cinco dias que precedem a precipitação para a condição de projeto mais desfavorável). Para evitar a formação de selamento superficial decorrente dessa precipitação, nos ensaios realizados com o simulador de chuvas cobriu-se a superfície do solo com uma manta sintética de alta permeabilidade (Bidim). Durante o tempo em que se procedeu o umedecimento do solo, determinou-se também a intensidade de precipitação para as condições de montagem do infiltrômetro de aspersão. Para tanto, foram colocados cinco pluviômetros dentro do infiltrômetro. A precipitação correspondente ao tratamento foi obtida a partir da média dos valores correspondentes aos cinco pluviômetros. Com esta intensidade de precipitação, obteve-se, a partir da equação 1, a duração da precipitação pluvial relativa ao município de Cascavel.

Aplicada a lâmina d'água para elevar a umidade do solo a um valor próximo à umidade de saturação, retirou-se a manta de Bidim, zerou-se o cronômetro e procedeu-se às leituras do escoamento superficial, as quais foram realizadas em intervalos de 2,5 min. Ao término de cada ensaio, o solo foi coberto com Bidim e permaneceu assim até o momento do próximo ensaio.

A velocidade de infiltração da água no solo (VI), em mm/h, foi obtida pela equação:

$$VI = ip - \left(\frac{ES \cdot 10}{A} \right) \left(\frac{60}{\Delta t} \right), \quad (2)$$

em que

ES = volume de escoamento superficial, cm³;
 A = área do infiltrômetro de aspersão, 8.100 cm²;
 Δt = intervalo de tempo considerado, 2,5 min.

Nas precipitações posteriores à primeira, foram aplicadas, antes do início do ensaio propriamente dito, lâminas de 20 mm. Essa aplicação foi feita com o propósito de

determinar a intensidade de precipitação média associada ao ensaio a ser realizado.

Para fins de comparação dos resultados obtidos com o infiltrômetro de anel com os encontrados com o infiltrômetro de aspersão, na determinação da equação de infiltração da água no solo pelo método do infiltrômetro de anel, procedeu-se também a aplicação de uma lâmina d'água de 52,5 mm antes do primeiro ensaio realizado na área, e de 20 mm nos outros três ensaios.

Para o ensaio com o infiltrômetro de anel, a velocidade de infiltração foi obtida pela equação:

$$VI = \frac{I_{int}}{dt}, \quad (3)$$

em que

I_{int} = infiltração ocorrida no intervalo de tempo dt, mm;
dt = intervalo de tempo considerado, h.

De posse dos tempos e dos valores das velocidades de infiltração correspondentes a esses, procedeu-se, nos dois métodos utilizados, análise de regressão para ajustar os dados à equação de Kostiakov,

$$VI = K t^a, \quad (4)$$

em que K e a são os parâmetros da equação de Kostiakov.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados, referentes às duas faixas em que se realizaram os ensaios, os parâmetros da equação de Kostiakov, o limite superior do intervalo de tempo correspondente a cada uma das equações de regressão obtidas, mais as velocidades de infiltração no final do intervalo considerado, e as médias das duas faixas. Nas Figs. de 1 a 5 são representadas as curvas de velocidade de infiltração da água no solo obtidas a partir dessas informações.

Os valores apresentados na Tabela 2 com um asterisco, associados ao valor do parâmetro K, correspondem às velocidades de infiltração que foram independentes do tempo, representadas por segmentos de reta horizontais conforme Figs. de 1 a 4,

TABELA 2. Parâmetros K e a da equação de Kostiakov, limite superior do intervalo de tempo correspondente à equação (t) e velocidades de infiltração no final do intervalo (VI) e médias de duas repetições (VIm), considerando cinco tratamentos, duas faixas e quatro dias de ensaios (aplicações) consecutivos.

Tratamento	Dia	Faixa 1				Faixa 2				VIm (mm/h)
		K	a	t (min)	VI (mm/h)	K	a	t (min)	VI (mm/h)	
45 mm/h	1	44,0 (*)	0	87,5	44	48,0 (*)	0	80,0	48	46
	2	43,0 (*)	0	42,5	43					
		626,6	-0,7220	90,0	24	34,5	-0,1447	77,5	18	21
	3	19,0 (**)	0	80,0	19	21,7	-0,1408	80,0	12	15
	4	22,4	-0,3286	87,5	5	15,9	-0,1129	80,0	10	7
67,5 mm/h	1					66,0 (*)	0	42,5	66	
	2	69,0 (*)	0	47,5	69	1428,1	-0,8243	50,0	57	63
		70,0 (*)	0	27,5	70					
		230,3	-0,3598	47,5	57	76,0	-0,1987	55,0	34	46
	3	62,8	-0,1653	50,0	33	59,9	-0,1666	55,0	31	32
	4	19,6	-0,0076	45,0	19	51,8	-0,2093	52,5	23	21
83 mm/h	1					87,0 (*)	0	22,5	87	
	2	72,0 (*)	0	45,0	72	399,2	-0,4911	35,0	70	71
		103,1	-0,2360	35,0	45	73,7	-0,2090	35,0	35	40
	3	83,0	-0,2872	35,0	30	62,0	-0,1152	35,0	41	36
	4	40,1	-0,2006	35,0	20	37,9	-0,0209	37,5	35	27
155 mm/h	1	152,0 (*)	0	10,0	152					
		330,3	-0,3379	15,0	132	238,2	-0,2729	15,0	114	123
	2	142,3	-0,3240	12,5	63	142,3	-0,3244	15,0	59	61
	3	91,9	-0,2305	15,0	49	143,7	-0,4360	15,0	44	47
	4	29,0 (**)	0	15,0	29	58,8	-0,2026	15,0	34	32
Infiltr. de anel	1	773,1	-0,1923	120,0	308	78,6	-0,1077	120,0	47	177
	2	159,6	-0,0944	120,0	102	24,0 (**)	0	120,0	24	63
	3	74,0	-0,0065	120,0	72	24,0 (**)	0	120,0	24	48
	4	258,1	-0,2744	120,0	69	12,0 (**)	0	120,0	12	41

(*) Valores correspondentes à intensidade de precipitação.

(**) Condição em que não houve variação expressiva da VI ao longo do tempo.

e dizem respeito às condições nas quais elas foram iguais à própria intensidade de precipitação. Não significa que esses valores correspondam ao verdadeiro potencial de infiltração da água no solo. Os valores de intensidade de precipitação, diferentes nos ensaios relativos ao mesmo tratamento, decorrem do fato de o simulador de chuvas não permitir um ajuste preciso da intensidade de precipitação, razão porque houve necessidade de determinar a intensidade de precipitação antes de cada um dos ensaios. As condições em que se obtiveram, inicialmente, VIs equivalentes à intensidade de precipitação, com posterior escoamento superficial, ficaram bem caracterizadas pelos segmentos horizontal e côncavo das curvas VI versus tempo, conforme Figs. 1a, 2, 3b e 4a. Nessas condições, na Tabela 2 são apresentadas duas linhas de valores dos parâmetros relativos a um

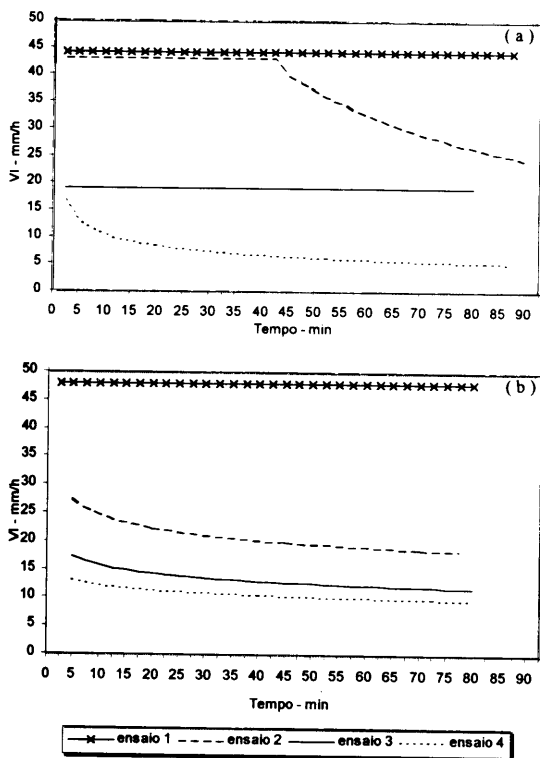


FIG. 1. Velocidades de infiltração da água no solo obtidas com o uso do infiltrômetro de aspersão tipo simulador de chuva para uma intensidade média de precipitação de 45 mm/h em quatro ensaios sucessivos. (a) faixa 1, (b) faixa 2.

mesmo dia de ensaio, sendo a primeira linha correspondente à própria intensidade de aplicação do simulador de chuvas, e a segunda linha, correspondente aos parâmetros que caracterizam efetivamente a capacidade de infiltração da água no solo.

Os valores apresentados na Tabela 2 com dois asteriscos correspondem às situações nas quais a VI permaneceu aproximadamente constante ao longo de todo o ensaio. Esse comportamento da VI está também caracterizado nas Figs. 1a, 4a e 5b.

A comparação entre os valores de VI obtidos nas duas faixas com o infiltrômetro de anel demonstra que as diferenças encontradas entre eles foram muito grandes, ou seja, os valores relativos à primeira faixa foram sempre superiores a três vezes os encontrados na segunda. Com o infiltrômetro de aspersão, para as quatro intensidades de precipitação estudadas, as variações observadas nos valores de VI entre as duas faixas foram bem inferiores às encontradas com o infiltrômetro de anel. Embora o número de ensaios seja insuficiente para que se obtenha um resultado mais conclusivo sobre esse comportamento da VI, uma possível explicação para a maior variabilidade observada com o infiltrômetro de anel é o tamanho da amostra (707 cm²) em relação aos ensaios realizados com o infiltrômetro de aspersão tipo simulador de chuvas (8.100 cm²), ficando, assim, muito sujeita às variações pontuais.

Comparando os resultados obtidos nos tratamentos em que se usou o infiltrômetro de aspersão com os relativos aos ensaios com o infiltrômetro de anel, observa-se, na primeira faixa, que os valores obtidos em todos os tratamentos que envolveram o uso do infiltrômetro de aspersão foram bem inferiores aos encontrados com o infiltrômetro de anel, o que está de acordo com a literatura, uma vez que o processo pelo qual se promove a aplicação de água nos ensaios com o infiltrômetro de anel impõe um selamento superficial menor do que o decorrente de ensaios com o simulador de chuvas. Entretanto, a grande variação encontrada entre os valores relativos às duas faixas, no tocante ao infiltrômetro de anel, acarretou resultados opostos na segunda faixa, sendo que os valores de VI obtidos com o infiltrômetro de anel foram inferiores aos encontrados em todos os tratamentos com o simulador de chuvas, à exceção do relativo à intensidade de precipitação de 155 mm/h. Em termos médios, os valo-

res da VI obtidos com o infiltrômetro de anel foram sempre superiores aos tratamentos com o simulador de chuvas, embora as diferenças tenham sido inferiores às normalmente apresentadas na literatura.

A análise dos resultados apresentados na Tabela 2 e nas Figs. de 1 a 4 evidenciam também que os valores de VI observados no final dos ensaios realizados com o infiltrômetro de aspersão diminuíram com a seqüência de aplicações de água no local. Desta forma, para uma intensidade média de precipitação de 45 mm/h, considerando-se a média das duas faixas, obteve-se: na primeira aplicação, uma VI média igual a 46 mm/h, pois toda a lâmina aplicada se infiltrou no solo; na segunda aplicação, ocorreu escoamento superficial, e ao final da aplicação, a VI foi de 21 mm/h; ao final da terceira precipitação, a VI chegou a 15 mm/h, e no término da

quarta aplicação a VI caiu a 7 mm/h. Comportamento semelhante foi também evidenciado nas demais situações estudadas. Apesar de a progressão das aplicações d'água no solo promover a propagação da frente de umedecimento da água no solo, e embora esta tenha contribuído para a redução da VI, é possível que a causa determinante para a redução da VI com a ocorrência de precipitações sucessivas tenha sido o fato de estas provocarem a obstrução de poros e incrementos no selamento superficial. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Roth et al. (1986), que também constataram maior decréscimo da VI em solos submetidos a maiores alturas de precipitação.

Nos ensaios com o infiltrômetro de anel, observou-se, nas duas faixas, um declínio expressivo da VI da primeira para a segunda aplicação. Na pri-

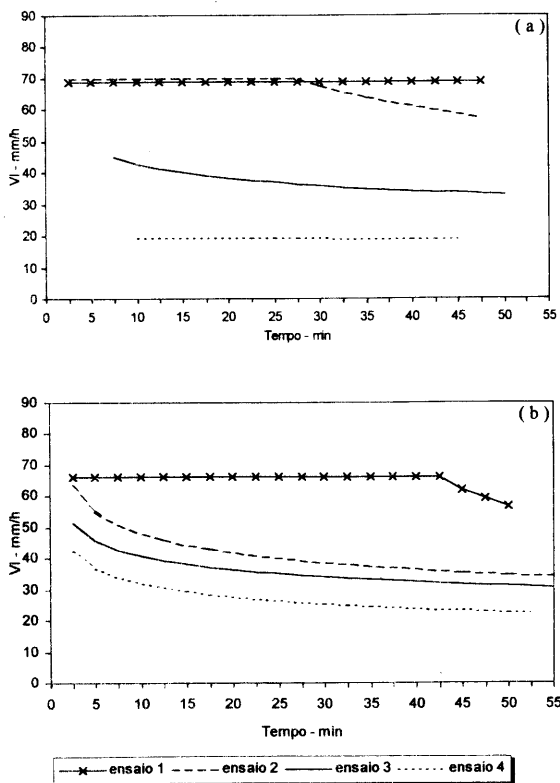


FIG. 2. Velocidades de infiltração da água no solo obtidas com o uso do infiltrômetro de aspersão tipo simulador de chuva para uma intensidade média de precipitação de 67,5 mm/h em quatro ensaios sucessivos. (a) faixa 1, (b) faixa 2.

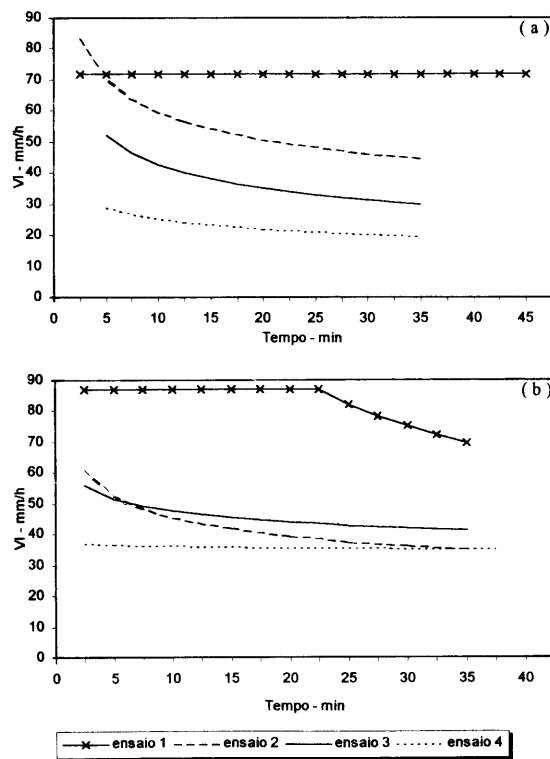


FIG. 3. Velocidades de infiltração da água no solo obtidas com o uso do infiltrômetro de aspersão tipo simulador de chuva para uma intensidade média de precipitação de 83 mm/h em quatro ensaios sucessivos. (a) faixa 1, (b) faixa 2.

meira faixa, da segunda para a terceira aplicação, ocorreu também considerável redução da VI. Por outro lado, na segunda faixa, não se observou redução da VI. Da terceira para a quarta aplicação, a variação da VI foi inexpressiva na primeira faixa. Na segunda faixa, entretanto, observou-se uma grande variação da VI, para a qual não se encontrou justificativa satisfatória.

Observou-se, também, que os valores de VI foram menores nos ensaios realizados com maiores intensidades de precipitação, o que pode ser explicado pelo fato de que a estas intensidades de precipitação associam-se maiores durações e, também, maiores alturas de precipitação (Tabela 1). A uma maior altura de chuva está associada uma maior energia decorrente dela, e, conseqüentemente, um

maior selamento superficial. Desta forma, pela análise das condições experimentais estudadas, constata-se que quanto maior for a altura da precipitação sobre o solo, maior será o selamento superficial, independentemente da sua intensidade.

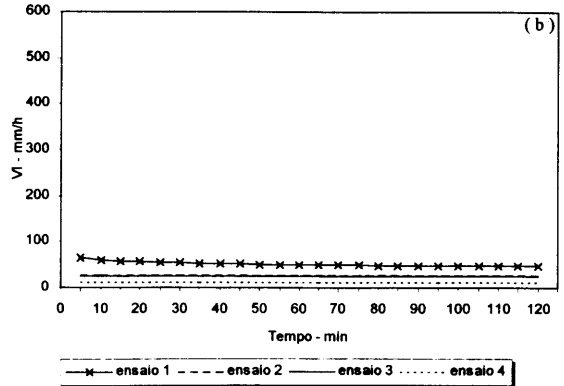
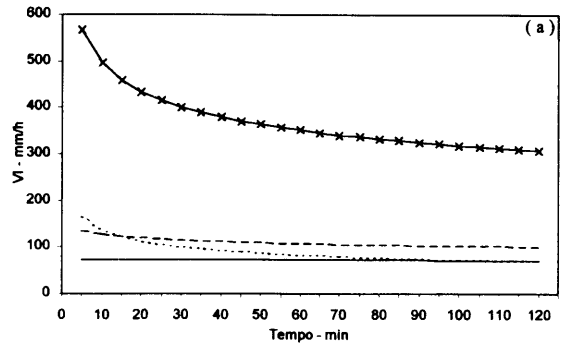


FIG. 5. Velocidades de infiltração da água no solo obtidas com o uso do infiltrômetro de anel em quatro ensaios sucessivos. (a) faixa 1, (b) faixa 2.

CONCLUSÕES

1. A velocidade de infiltração medida com infiltrômetro de anel é superior à que se obtém com infiltrômetro de aspersão.
2. A velocidade de infiltração decresce com as aplicações sucessivas de água ao solo.
3. A velocidade de infiltração diminui com o aumento da lâmina total aplicada.

REFERÊNCIAS

BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. Soil physics. 4. ed. New York: J. Wiley & Sons, 1972. 498p.

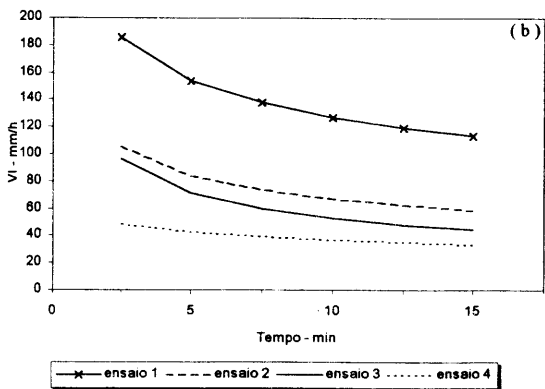
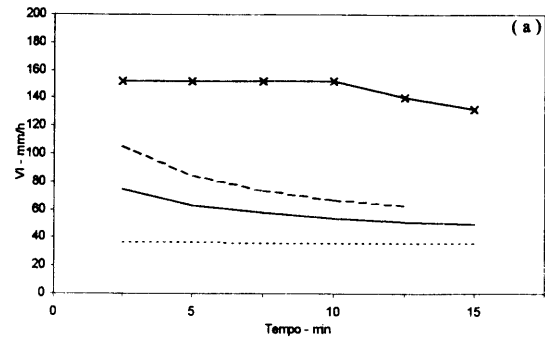


FIG. 4. Velocidades de infiltração da água no solo obtidas com o uso do infiltrômetro de aspersão tipo simulador de chuva para uma intensidade média de precipitação de 155 mm/h em quatro ensaios sucessivos. (a) faixa 1, (b) faixa 2.

- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 4.ed. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1989. 596p.
- BRITO, L.T.L. **Velocidades de infiltração determinadas por simulador de chuvas e por infiltrômetro de anel**. Viçosa: UFV, 1993. 43p. Dissertação de Mestrado.
- DERPSCH, C.H.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), 1991. 272p.
- McINTYRE, D.S. Permeability measurements of soil crusts formed by raindrop impact. *Soil Science*, v.85, n.4, p.185-189, 1958.
- MOORE, I.D. Infiltration equations modified for surface effects. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, v.107, n.1, p.71-86, 1981.
- MOORE, I.D.; LARSON, C.L. An infiltration-runoff model for cultivated soils. *Transactions of the ASAE*, v.85, n.6, p.1460-1467, 1980.
- MORRISON, M.W.; PRUNTY, L.; GILES, J.F. Characterizing strength of soil crusts formed by simulated rainfall. *Soil Science Society of America Journal*, v.49, n.2, p.427-431, 1985.
- PRUSKI, F.F. **Desenvolvimento de metodologia para o dimensionamento de canais de terraços**. Viçosa: UFV, 1993. 97p. Tese de Doutorado.
- ROTH, C.H.; MEYER, B. **Infiltrabilidade de um Latossolo Roxo Distrófico durante o período vegetativo da soja sob preparo convencional, escarificação e plantio direto**. Londrina: IAPAR, 1983. 11p.
- ROTH, C.H.; MEYER, B.; FREDE, G.; DERPSCH, R. The effect of different soybean tillage systems on infiltrability and erosion susceptibility of an Oxisol in Paraná, Brazil. *Journal of Agronomy & Crop Science*, v.157, p.217-226, 1986.
- SIDIRAS, N.; ROTH, C.H. **Medições de infiltração com infiltrômetros e um simulador de chuvas em Latossolo Roxo Distrófico, Paraná, sob vários tipos de cobertura do solo e sistemas de preparo**. Londrina: IAPAR, 1984. 13p.
- VIEIRA, H.A. **Comportamento de quatro infiltrômetros na determinação da velocidade de infiltração básica d'água no solo**. Viçosa: UFV, 1977. 52p. Dissertação de Mestrado.