

Desenvolvimento e Utilização de um Simulador de Chuvas para Estudos de Atributos Físicos e Químicos do Solo Relacionados a Impactos Ambientais



República Federativa do Brasil

Luis Inácio Lula da Silva

Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues

Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa

Conselho de Administração

José Amauri Dimázio

Presidente

Clayton Campanhola

Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires

Hélio Tollini

Ernesto Paterniani

Luis Fernando Rigato Vasconcellos

Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Clayton Campanhola

Diretor-Presidente

Gustavo Kauark Chianca

Herbert Cavalcante de Lima

Mariza Marilena T. Luz Barbosa

Diretores-Executivos

Embrapa Meio Ambiente

Paulo Choji Kitamura

Chefe Geral

Geraldo Stachetti Rodrigues

Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Maria Cristina Martins Cruz

Chefe-Adjunto de Administração

Ariovaldo Luchiari Junior

Chefe-Adjunto de Comunicação e Negócios



ISSN 1516-4691

Junho, 2004

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 37

Desenvolvimento e Utilização de um Simulador de Chuvas para Estudos de Atributos Físicos e Químicos do Solo Relacionados a Impactos Ambientais

Manoel Dornelas de Souza

Jaguariúna, SP
2004

Exemplares dessa publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Meio Ambiente
Rodovia SP 340 - km 127,5 - Tanquinho Velho
Caixa Postal 69 13820-000, Jaguariúna, SP
Fone: (19) 3867-8750 Fax: (19) 3867-8740
sac@cnpma.embrapa.br
www.cnpma.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Geraldo Stachetti Rodrigues
Secretário-Executivo: Maria Amélia de Toledo Leme
Secretário: Sandro Freitas Nunes
Membros: Marcelo A. Boechat Morandi, Maria Lúcia Saito, José Maria Guzman
Ferraz, Manoel Dornelas de Souza, Heloisa Ferreira Filizola, Cláudio
Cesar de A. Buschinelli
Normalização Bibliográfica: Maria Amélia de Toledo Leme
Foto(s) da capa:
Editoração eletrônica: Alexandre Rita da Conceição

1º edição

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no seu todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

SOUZA, Manoel Dornelas de.

Desenvolvimento e utilização de um simulador de chuvas para estudos de atributos físicos e químicos do solo relacionados a impactos ambientais / Manoel Dornelas de Souza.-- Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004.
20p.-- (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 37).

ISSN 1516-4691

1. Solo-Física. 2. Solo-Química. 3. Simulador de chuvas. I. Título. II. Série.

CDD 631.43

© Embrapa 2004

Autor

Manoel Dornelas de Souza

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340 - Km 127,5 - Cep 13820-000, Jaguariúna, SP.
E-mail: dornelas@cnpma.embrapa.br

Agradecimentos

À FAPESP que financiou a construção do equipamento (Processo 2000/09048-9).

Ao professor Klaus Reichardt do CENA/USP coordenador do projeto junto à FAPESP.

Ao pesquisador Sammie Smith, Jr. Research Chemist USDA-ARS-National Sedimentation Laboratory pela doação dos bicos.

Ao pesquisador Antônio Luiz Cerdeira por ter conseguido a doação dos bicos.

Sumário

Introdução	11
Descrição	11
Escolha de um Modelo	13
Resultados Obtidos	15
Consideração Final	19
Referências	20

Desenvolvimento e Utilização de um Simulador de Chuvas para Estudos de Atributos Físicos e Químicos do Solo Relacionados a Impactos Ambientais

Manoel Dornelas de Souza

Introdução

Estudos sobre o efeito das chuvas em atributos do solo são difíceis de serem realizados com chuva natural, pois não se tem controle sobre a duração, intensidade, distribuição e tipo de chuva. Uma alternativa que se apresenta é a utilização de simuladores de chuvas que permitem controlar as características das mesmas e têm a vantagem de poderem ser utilizados a qualquer tempo. Este tipo de equipamento já vem sendo utilizado em estudos de manejo de solos há bastante tempo. Já foram construídos vários modelos e atualmente existem alguns totalmente controlados por computador. No caso presente utilizou-se o princípio de funcionamento do simulador descrito por Meyer & Harmon (1979), simplificando-se o sistema de funcionamento, que era elétrico, para um sistema mecânico. O pequeno simulador de chuvas, foi construído no LABORATÓRIO DE QUALIDADE DO SOLO da Embrapa Meio Ambiente com verbas da FAPESP.

Descrição

O simulador é constituído por uma armação retangular, apoiada sobre quatro pernas reguláveis para uma altura de 3 metros sobre a superfície do solo (Fig. 1). No centro da armação há um bico aspersor tipo Veejet, 80100 da "Spraying Systems Company" de Chicago, USA. Em funcionamento, esse bico oscila sobre uma área de 1 metro de lado, isolada do restante da parcela por um delimitador,

e o número de oscilações é controlado por um sistema mecânico. A água vinda de um reservatório é injetada no bico por uma bomba e a pressão de saída do bico é mantida constante em 4 kgf/cm^2 (6 PSI).



Fig. 1. Vista parcial e total do simulador de chuvas

A intensidade de chuva desejada sobre a área é conseguida pelo número de oscilações do bico na unidade de tempo. Para isto, aumenta-se ou diminui-se a distância entre as duas engrenagens da (Fig. 2) abaixo.

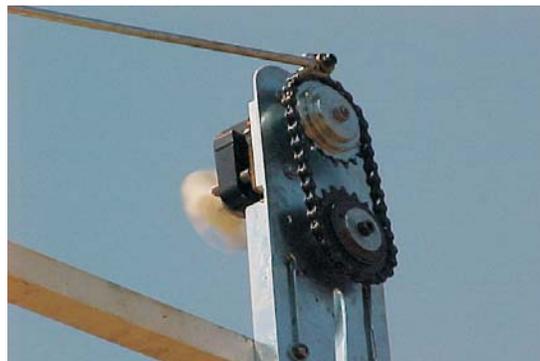


Fig. 2. Vista do sistema que controla o tempo de oscilação do bico.

Quando a distância entre engrenagens é maior, o bico fica mais tempo parado no final do curso despejando água em um coletor lateral (Figura 3) e conseqüentemente a intensidade de chuva que cai sobre a parcela é menor. Quando se deseja intensidades maiores, aproxima-se as engrenagens e com isto o tempo de parada do bico no final do curso é menor e o número de passados do bico se torna mais freqüente, aumentando-se a precipitação.



Fig. 3. Vista dos coletores laterais por onde sai o excesso de água do bico durante o tempo de parada.

A determinação da intensidade final desejada é conseguida pela calibração do sistema. Para isto, foi construído um delimitador de parcela com um metro de lado e com fundo em desnível, que é colocado sobre a parcela e onde se faz a medição da quantidade de chuva que chega à superfície do solo.

Nos testes feitos em campo o bico oscilava para aplicar aproximadamente 47 mm/h de chuva. Às referidas altura e pressão, o bico fornece uma energia de impacto, segundo Meyer & Harmon (1979), de 200 Kj/ha.mm. Essa energia equivale a 75% da energia fornecida por uma chuva natural de igual intensidade.

Escolha de um Modelo

Para descrever o processo de infiltração gerado com o equipamento escolheu-se o modelo de Smith (1972), que na sua forma mais simples é representado pela equação:

$$i = at^b + c \quad (1)$$

Onde i representa a taxa de infiltração em um tempo t , a e b são parâmetros de ajuste e c é a taxa constante de infiltração quando t assume valores elevados. O parâmetro c pode ser identificado como a condutividade hidráulica da camada superior do solo, saturada ou não, dependendo das condições de superfície e subsuperfície.

Após o início da chuva, toda água que chega à superfície do solo infiltra. Essa taxa de infiltração é igual à intensidade da chuva aplicada e é válida até começar o empoçamento de água na superfície do solo, num tempo t_0 . No intervalo de tempo $0 < t \leq t_0$, a taxa de infiltração i da equação (1) é igual a intensidade da chuva aplicada (P). Nesse intervalo, como $i = P$, a equação (1) pode ser escrita como:

$$P = at_0^{-b} + c \quad (2)$$

Da equação (2) pode-se calcular o valor de a , ou seja

$$a = (P - c) t_0^b \quad (3)$$

Substituindo-se o valor de a na equação (1), obtêm-se

$$i = [(P - c) t_0^b] t^{-b} + c \quad (4)$$

O termo t^{-b} da equação (4) pode ser escrito na forma $1/t^b$ logo a equação (4) pode ser representada por

$$i = (P - c) (t_0/t)^b + c \quad \text{para } t \geq t_0 \quad (5)$$

A equação nessa forma, descreve o processo de infiltração a partir do tempo de empoçamento t_0 . Há um intervalo de tempo a partir do t_0 em que a água fica empoçando na superfície do solo antes de começar a escoar. Este tempo depende da rugosidade superficial do solo e representa um erro na descrição do processo, pois a medição efetiva começa com o início do escoamento.

A partir do início do escoamento começa-se a medição da enxurrada. A taxa de infiltração em cada tempo é conseguida pela diferença da intensidade aplicada (P) menos a taxa de enxurrada (R).

$$I = P - R \quad (6)$$

Resultados Obtidos

Os testes iniciais com o simulador de chuvas foram feitos em um experimento com lodo de esgoto. Escolheu-se o lodo da estação de tratamento de lodo (ETE) de Franca/SP para os testes. Os tratamentos selecionados foram: testemunha, sem nenhum tipo de adubação; adubação com NPK para cultura do milho; doses do lodo de Franca necessárias para fornecer uma, duas, quatro e oito vezes a quantidade de N da adubação mineral. O experimento foi instalado no início de 1999 e já foram aplicadas cinco doses de lodo (Tabela 1). No ano de 1999, o lodo foi aplicado duas vezes, uma no plantio de inverno e outra no plantio de verão.

Tabela 1. Doses de lodo aplicadas nos cinco últimos cultivos F = lodo da Estação de Tratamento de Esgoto(ETE) de Franca, SP. B = lodo de esgoto da ETE Barueri, SP. F1N, F2N, F4N e F8N = doses do lodo de Franca necessárias para fornecer uma, duas, quatro e oito vezes a quantidade de N da adubação mineral respectivamente; B1N, B2N, B4N e B8N = doses do lodo de Barueri necessárias para fornecer uma, duas, quatro e oito vezes a quantidade de N da adubação mineral.

Tratamento	Lodo de esgoto (kg/ha - base seca)				
	Plantios				
	1	2	3	4	5
F1N	3014	3504	3766	4432	4300
F2N	6028	7008	7533	8863	8700
F4N	12057	14017	15065	17726	17400
F8N	24113	26033	30131	35452	34800
B1N	8095	3995	5315	5295	3200
B2N	16190	7990	3995	10591	6500
B4N	32381	15981	7991	21182	12900
B8N	64762	31962	42524	42363	25800

Os resultados obtidos com o simulador foram ajustados com o modelo de Smith (1972).

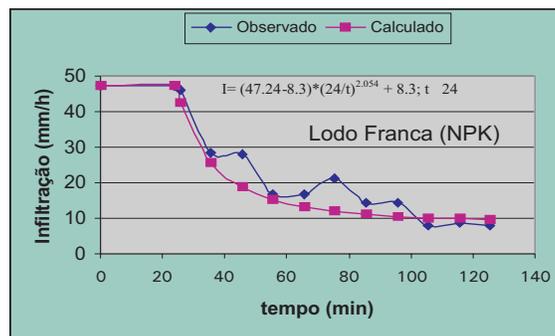


Fig. 4. Taxas de infiltração observada e estimada para o tratamento com adubação NPK.

O tratamento com NPK (Fig. 4) apresentou um tempo de empoçamento de 24 minutos e atingiu uma taxa constante de infiltração de 8.3 mm/h. Já o tratamento testemunha (Fig. 5) apresentou um tempo de empoçamento de 21 minutos e taxa constante de infiltração de 16 mm/h.

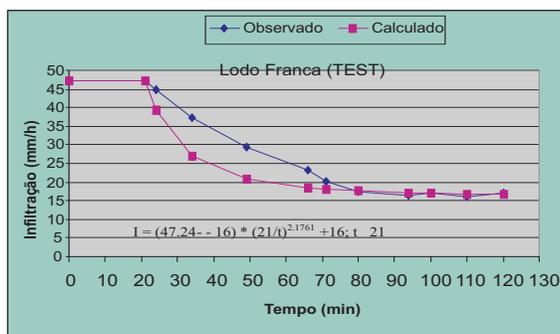


Fig. 5. Taxas de infiltração observada e estimada para o tratamento testemunha sem aplicação de lodo.

Para os tratamentos que receberam lodo obteve-se: uma taxa constante de infiltração de 23 mm/h e tempo de empoçamento (T_e) de 34 minutos (Fig. 6) para a dose de 1N;

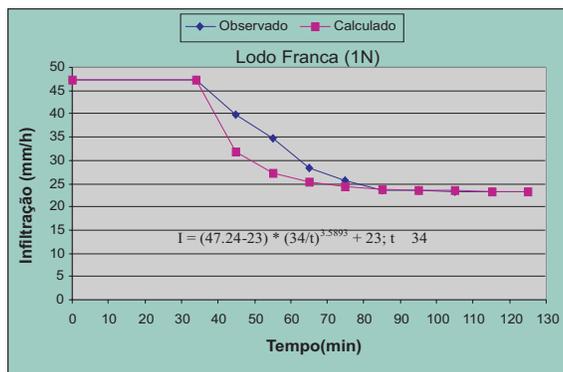


Fig. 6. Taxas de infiltração observada e estimada para o tratamento que recebeu a dose de nitrogênio necessária para a cultura do milho (1N).

Uma taxa constante de infiltração de 28.1 mm/h e tempo de empoçamento(T_e) de 20 minutos (Fig. 7) para a dose de 2N;

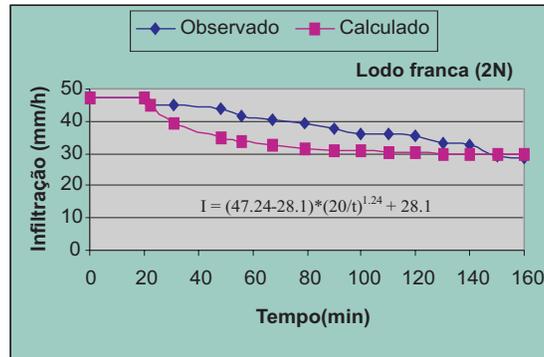


Fig. 7. Taxas de infiltração observada e estimada para o tratamento que recebeu duas vezes a dose de nitrogênio necessária para a cultura do milho (2N).

Uma taxa constante de infiltração de 23.1 mm/h e tempo de empoçamento(T_e) de 36 minutos (Fig. 8) para a dose de 4N;

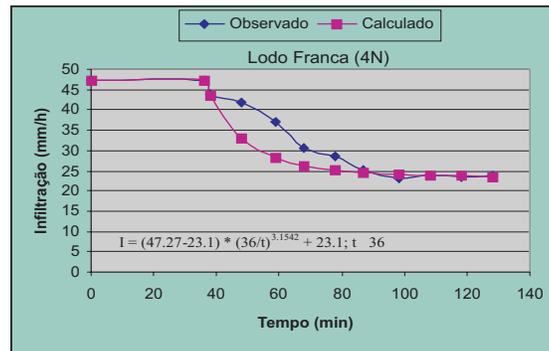


Fig. 8. Taxas de infiltração observada e estimada para o tratamento que recebeu quatro vezes a dose de nitrogênio necessária para a cultura do milho (4N).

Uma taxa constante de infiltração de 20 mm/h e tempo de empoçamento (Te) de 27 minutos (Fig. 9) para a dose de 8N.

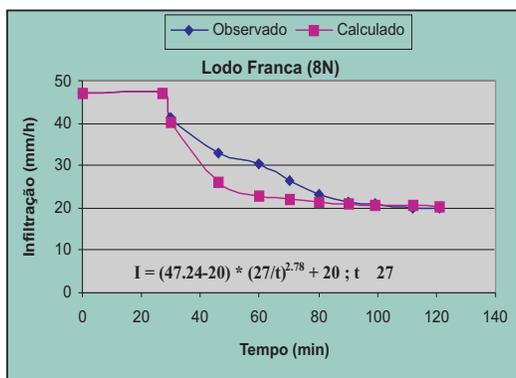


Fig. 9. Taxas de infiltração observada e estimada para o tratamento que recebeu oito vezes a dose de nitrogênio necessária para a cultura do milho (8N).

Tabela 2. Tempos de empoçamento e taxas constantes de infiltração (infiltração básica) nos tratamentos avaliados.

Tratamento	Tempo de empoçamento (min)	Taxa constante (mm/h)
NPK	24	8.3
Testemunha	21	16.0
1N	34	23.0
2N	20	28.1
4N	36	23.1
8N	27	20.0

O tempo de empoçamento reflete as condições da superfície do solo e a taxa constante a porosidade. O maior tempo de empoçamento da água da chuva implica em mais água infiltrada no perfil do solo e conseqüentemente menor volume de enxurrada. As menores taxas constantes de infiltração obtidas para o tratamento NPK e Testemunha mostram que houve maior selamento na superfície do solo devido ao impacto direto das gotas de chuva.

Consideração Final

O simulador de chuva construído mostrou ser eficiente para estudos de infiltração de água no solo, podendo ser utilizado também para estudos de formação de crosta, lixiviação de solutos, perdas de solo, perdas de água e nutrientes por escoamento superficial.

Referências

MEYER, L. D.; HARMON, W. C. Multiple intensity rainfall simulator for erosion research on row sideslopes. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 22, p. 100- 103, 1979.

SMITH, R. E. The infiltration envelope: results from a theoretical infiltrometer. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 17, p. 1-22, 1972.

Embrapa

Meio Ambiente

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

