

IX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS
RIO DE JANEIRO (10 A 14 NOV 91)

FIRST RESULTS OF INFILTRATION IN CULTIVATED SOILS USING
RAINFALL SIMULATION (RIO POTIRIBU WATERSHED - RS)

PRIMEIROS RESULTADOS SOBRE INFILTRAÇÃO EM SOLO CULTIVADO
USANDO SIMULAÇÃO DE CHUVAS (BACIA DO RIO POTIRIBU - RS)

ANDRÉ LUIZ LOPES DA SILVEIRA

Professor Assistente

PIERRE CHEVALLIER

Chargé de Recherche ORSTOM (França), Consultor

Instituto de Pesquisas Hidráulicas
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Caixa Postal 530
90001 - Porto Alegre - RS

RESUMO -- Neste trabalho são apresentados os primeiros resultados dos experimentos de infiltração em solos cultivados da região de Ijuí - RS, como parte do Projeto Potiribu que objetiva a avaliação e controle do impacto da agricultura sobre a conservação dos solos e dos recursos hídricos do derrame basáltico sulamericano. Foi utilizado o minissimulador de chuvas do ORSTOM que é capaz de gerar precipitações de intensidade variável sobre uma parcela de 1 m². As simulações foram realizadas em dois locais diferentes, num total de 5 parcelas e 22 ensaios. Os primeiros resultados já permitiram estabelecer algumas diferenças de comportamento hídrico do solo devidas ao tipo de ocupação e manejo.

ABSTRACT -- In this study are presented the first results of infiltration experiments in cultivated soils, in the Ijuí - RS region, as part of Project Potiribu which is being carried out for the purpose of assessing and controlling the impact of agriculture on soil and water resources conservation in the South America lava flow. The ORSTOM rainfall simulator is able to generate rainfalls with variable intensity over a 1 m² plot was utilized. Simulations were performed at two different sites, for a total of 5 plots and 22 simulations. The initial results have already made it possible to establish several differences in the behavior of water in soil due to the type of land use and management.

21 FEV. 1992

ORSTOM Fonds Documentaire
N° 34.991 ex 1
Cote : B M

INTRODUÇÃO

Através da simulação de chuvas é possível estabelecer parâmetros que representam o comportamento físico de solos, no que diz respeito à infiltração, ao escoamento superficial e à produção de sedimentos. O simulador de chuvas desenvolvido pelo ORSTOM (Asseline e Valentin, 1978), utilizado neste trabalho, é um aparelho econômico capaz de gerar muitas informações na investigação do comportamento hidro-sedimentológico de solos.

Neste trabalho são apresentados os primeiros resultados obtidos em duas campanhas de campo com o simulador de chuvas em solos cultivados do derrame basáltico sulamericano, na região próxima a Ijuí (RS). Esta pesquisa faz parte do Projeto Potiribu que objetiva a avaliação e controle do impacto da agricultura para conservação dos solos e dos recursos hídricos do derrame basáltico (Bordas, Lanna e De Luca, 1990).

OBJETIVOS

No contexto do Projeto Potiribu, as simulações de chuva têm por objetivo estabelecer leis de infiltração, escoamento superficial e produção de sedimentos, na escala puntual ($1m^2$), para relacioná-las posteriormente com a dinâmica da água em parcelas e bacias maiores, com a finalidade de avaliar o efeito de escala nos processos hidro-sedimentológicos da região agrícola do planalto riograndense. As simulações de chuva permitirão um melhor conhecimento de como funcionam os processos básicos da produção de escoamentos e sedimentos em diversas situações, no espaço e no tempo, cujos resultados serão utilizados para desenvolver ou adaptar modelos matemáticos aplicáveis em toda região do derrame basáltico.

Em termos mais específicos, as simulações de chuva visam estabelecer as leis acima mencionadas, considerando as diferentes fases de manejo e ocupação do solo dentro de um ano agrícola.

SIMULADOR DE CHUVAS

O simulador de chuvas utilizado (figura 1) tem a capacidade de gerar precipitações com intensidades variáveis sobre uma parcela alvo de $1m^2$ de solo.

A chuva é simulada por bombeamento de uma vazão constante até um aspersor fixado a um braço, cujo movimento pendular define a magnitude da superfície molhada. Quanto maior o ângulo do movimento pendular maior a superfície irrigada e menor a quantidade de água que precipita dentro da parcela alvo de $1m^2$ para um dado intervalo de tempo. Portanto, variando-se o ângulo do movimento pendular do aspersor pode-se variar a intensidade da chuva aspergida sobre a parcela de $1m^2$. As intensidades alcançadas ficam na faixa de 30 a 150 mm/h.

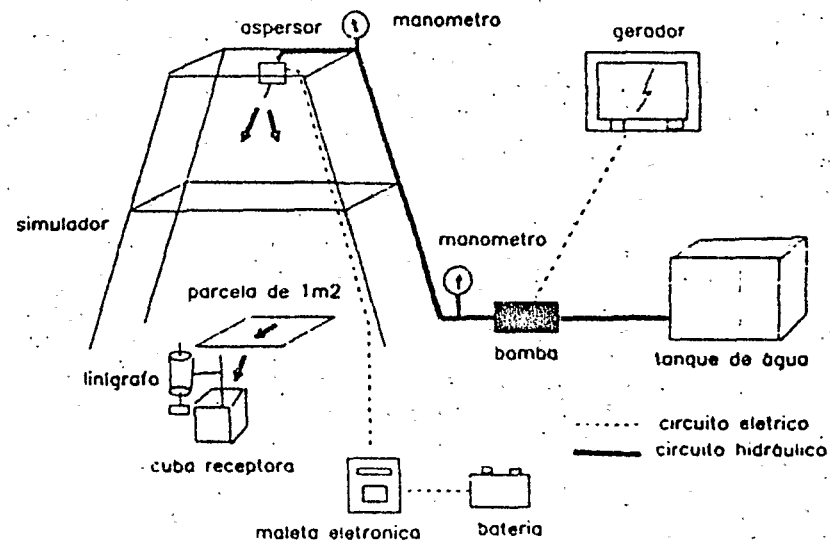


Figura 1 : Esquema de funcionamento do simulador de chuvas ORSTOM

Na versão atual do simulador é utilizado um dispositivo de aspersão especialmente projetado para gerar com precisão mecânica o movimento pendular. O controle é feito por microprocessadores eletrônicos, eliminando os problemas inerentes ao sistema puramente mecânico dos aparelhos iniciais que utilizavam motores análogos aos de limpadores de parabrisa. Nos aparelhos atuais as mudanças de ângulo, isto é, das intensidades de precipitação, são praticamente instantâneas, podendo inclusive serem programadas a priori. É possível estabelecer até 10 ângulos e respectivas durações no funcionamento automático.

Para realizar a simulação de chuva no campo o dispositivo de aspersão é fixado no topo de uma torre metálica, com a forma de um tronco de pirâmide, de aproximadamente 4 m de altura. As quatro faces laterais da torre são cobertas com tecido resistente para minimizar ao máximo o efeito do vento sobre o jato do aspersor. O circuito hidráulico empregado é composto de uma bomba elétrica, alimentada por mangueiras e um tonel d'água, que bombeia através de outro conjunto de mangueiras até o aspersor. Dois manômetros, um colocado logo a jusante da bomba elétrica e outro no alto da torre, servem para controlar a pressão, que deve ser constante e compatível com a vazão do aspersor. A energia para a bomba elétrica é fornecida por um gerador à gasolina.

O dispositivo pendular de aspersão no topo da torre é conectado por um cabo elétrico a uma maleta onde estão alojados os microprocessadores eletrônicos e o teclado de controle e

programação. A energia para este sistema eletrônico é obtida de uma bateria de automóvel.

Para realizar as medições na parcela de 1 m² de solo, esta é isolada por um quadro metálico vazado cravado 5 cm. No lado que recebe o fluxo de escoamento superficial há pequenos furos (que devem estar posicionados ao nível do terreno) pelos quais a água atinge uma calha coletora que reúne todo o fluxo e o remete, por um tubo, à cuba do linígrafo. A cuba é um recipiente metálico enterrado no solo cuja finalidade é permitir a leitura do volume escoado superficialmente, ao longo do tempo, por um linígrafo de bóia especial. Com uma boca retangular de 1.000 cm² cada centímetro de subida do nível d'água na cuba representa na realidade um milímetro de escoamento superficial na parcela de solo de 1 m².

O linígrafo registra o escoamento acumulado na cuba num tambor cilíndrico cuja rotação é produzida por um mecanismo de relojoaria de alta velocidade (6,4 mm por minuto), com uma redução de 1 : 1. A declividade do diagrama registrado no papel dá a intensidade do escoamento superficial.

METODOLOGIA DE EXPERIMENTAÇÃO

Hietograma padrão

Experimentos com simulador de chuvas requerem preliminarmente que seja definido um hietograma padrão coerente com o tipo de solo e com a magnitude das chuvas naturais da região em estudo. Desta forma evita-se aplicar um hietograma incapaz de gerar escoamentos superficiais adequados, isto é, nem excessivos nem pequenos demais, o que inviabilizaria tirar conclusões acerca do comportamento hídrico do solo.

Para as simulações na bacia do Potiribu inicialmente definiu-se que a lâmina precipitada deveria ser da ordem de grandeza da precipitação diária de recorrência anual. De acordo com o estudo de Chevallier e Castro (1991) este valor situa-se em torno de 80 mm.

O passo seguinte foi a definição das intensidades e suas durações que comporiam um hietograma de forma similar aos naturais. Foi adotada, então, a seguinte sequência, com uma duração total de 75 minutos: 60 mm/h em 20 min, 100 mm/h em 10 min, 80 mm/h em 10 min, 60 mm/h em 15 min e 40 mm/h nos últimos 20 min. Esta sequência de intensidades é apenas indicativa porque o simulador de chuvas trabalha com ângulos de varredura do jato do aspersor, devendo-se buscar a correspondência entre estes ângulos e as intensidades de precipitação. Entretanto estas relações sofrem influências locais, como o vento na hora do experimento (que age mesmo com as proteções laterais) e os constantes deslocamentos e recolocações da torre sobre as parcelas. Por isso, sistematicamente, a cada ensaio, deve-se calibrar as relações entre ângulos do simulador e intensidades das

precipitações aspergidas. Esta calibração é feita sobrepondo ao quadro de 1 m² da parcela um outro quadro, só que impermeável, de modo que tudo que precipita sobre a parcela vai para a cuba e é registrado pelo linígrafo.

Protocolo dos ensaios

O protocolo dos ensaios é a definição da sequência dos ensaios em cada parcela, ao longo da campanha. Por razões logísticas e econômicas deve ser adotado um calendário com poucos dias de duração. A experiência de campo adquirida na campanha do CTC mostrou ser adequado um espaço de tempo de 24 h, aproximadamente, entre um ensaio e outro na mesma parcela. Também verificou-se serem suficientes quatro ensaios em cada parcela. Naturalmente que, se houver chuva natural, as parcelas devem ser cobertas para não haver interferência com a umidade do solo decorrente dos experimentos.

Dados coletados

São os dados coletados para descrever as parcelas e aqueles medidos em cada simulação de chuva. Para descrever-se as parcelas, normalmente utiliza-se um método codificado (Valentin, 1985) que permite a comparação objetiva. Neste método há códigos de cobertura do solo (cobertura vegetal, presenças de resíduos e de torrões), de organização da superfície (micro-relevo, atividade da mesofauna e outros) e do solo (drenagem dos horizontes, textura, porosidade e outros). Outros dados importantes são os que dão a localização exata das parcelas no campo e o total precipitado em período anterior ao início da campanha.

Os dados coletados em cada simulação de chuva, e que servirão para caracterizar o comportamento da infiltração do solo, são o registro, pelo linígrafo, das lâminas escoadas superficialmente, as lâminas precipitadas pelo simulador (calibradas), ao longo do tempo, e o perfil de umidade na parcela, logo antes do ensaio. O perfil de umidade gravimétrico é obtido retirando-se amostras de solo, três a cada profundidade, no lado da parcela para não destruir seu interior. Pela diferença de pesos úmido e seco (em estufa) determinam-se as umidades gravimétricas que são transformadas em umidades volumétricas através do perfil de densidades aparentes do solo.

PRIMEIROS RESULTADOS

No âmbito desta primeira pesquisa com simulação de chuvas no derrame basáltico riograndense foram realizadas duas campanhas: a primeira no Centro de Treinamento da Cotrijuí em Augusto Pestana (RS) e a segunda na bacia vertente do Anfiteatro em Pejuçara (RS). Ainda três ou quatro campanhas vão ser realizadas na bacia do Anfiteatro, visando o estabelecimento de leis de infiltração e escoamento superficial, assim como de produção de sedimentos, abrangendo diversos estágios de ocupação e manejo agrícola do solo.

Campanha do CTC (abril 1991)

No Centro de Treinamento da Cotrijuí (CTC), em Augusto Pestana (RS), foram realizadas simulações de chuva em dois locais, nas partes a montante de duas das 10 parcelas de Wischmeier monitoradas pelo CTC em convênio com a Secretaria de Agricultura do RGS e a Faculdade de Agronomia da UFRGS (Dhein, Carbonera e Medeiros, 1987).

Uma das parcelas escolhidas estava cultivada com soja e na outra o solo é mantido sempre nu. Na parcela com soja o manejo mecanizado do solo é feito da maneira convencional da região, inclusive com a rotação com o trigo no inverno. Devido à grande estiagem da época na região a soja, que estava prestes a ser colhida, apresentava um porte pequeno e folhas amareladas pelo sol, com muitas delas caídas no chão. Ambas as parcelas isoladas de 1 m² apresentavam um micro-relevo com desníveis inferiores a 5 cm e declividades em torno de 9%. Os vestígios de sulcos de aragem na parcela com soja tinham o sentido do escoamento, havendo duas carreiras de plantas com três exemplares cada, e cobrindo, junto com os resíduos de folhas, cerca de 50% do quadrado de 1 m². Na parcela com solo nu havia resíduos de safras anteriores ali depositados, mas o índice de cobertura era insignificante.

Foram realizadas cinco simulações de chuva em cada parcela. Um resumo dos resultados é apresentado na tabela 1, onde A identifica a parcela com soja e B a parcela com solo nu.

Tabela 1 : Ensaio no CTC

Ensaio	Data	Hora	Prec. (mm)	Infiltração (mm)	Teor d'água (%)	Teor d'água (mm/60cm)
A1	09/04/91	15:20	64,4	62,4	96,9	149
A2	10/04/91	16:35	77,5	72,0	92,9	212
A3	11/04/91	13:33	83,8	76,6	91,4	210
A4	12/04/91	14:25	69,3	61,8	89,2	218
A5	13/04/91	14:37	72,0	60,2	83,6	222
B1	10/04/91	13:50	80,5	64,3	79,9	184
B2	11/04/91	10:32	74,7	16,9	22,6	214
B3	12/04/91	10:30	73,2	12,0	16,4	198
B4	13/04/91	11:05	73,2	10,5	14,3	206
B5	14/04/91	09:30	77,3	8,8	11,4	216

Pelos resultados da tabela 1 verifica-se um comportamento marcadamente distinto das parcelas quanto à infiltração e à produção de escoamento superficial. Apresentando perfis de densidades bastante semelhantes, a diferença de comportamento deve ser creditada principalmente à presença do cultivo no solo, já que a soja parece favorecer a infiltração na parcela A e a ausência de vegetação parece incrementar o escoamento superficial na parcela B.

As condições de umidade do solo, quando do início da campanha, estavam condicionadas pela estiagem na região, onde os dois últimos eventos de chuva natural aconteceram em 17/03 (10mm) e 07/04 (17mm), segundo dados da estação meteorológica situada no CTC. A umidade anterior aos primeiros ensaios das duas parcelas era menor na parcela com soja, sugerindo uma perda por uso consuntivo.

Observando-se na tabela 1 as lâminas precipitadas e infiltradas e as umidades em 60 cm de solo, fica evidenciada a grande capacidade de drenagem do solo para camadas mais profundas. Na parcela A as condições de umidade inicial, exceto a do primeiro ensaio, ficam na faixa de 210,0 a 222,0 mm (em 60 cm de solo) em que pese, cerca de 24 horas antes, ter infiltrado entre 61,8 e 76,6 mm. Na parcela B também aconteceu este fenômeno, mas com infiltrações menores.

Mesmo tendo, aparentemente, semelhantes capacidades de drenagem interna nos solos, os resultados mostram que a presença da soja favorece fortemente a infiltração, numa razão de cerca de seis vezes, em relação ao solo nu, para uma lâmina precipitada da ordem de 75 mm.

Campanha do Anfiteatro (maio/junho de 1991)

Anfiteatro foi o nome escolhido para identificar uma pequena bacia vertente de 13 ha, a primeira de uma série de bacias embutidas cujos dados servirão para estudar o efeito de escala na hidrologia e sedimentologia da bacia do rio Potiribu. A bacia do Anfiteatro é cultivada em toda sua área.

Serão apresentados a seguir alguns resultados da primeira campanha que iniciou oito dias após o plantio de aveia preta, usada como adubo verde. Para o plantio foi usado subsolador até 50 cm de profundidade e plantadeira, sem gradeamento.

Foram implantadas três parcelas lado a lado distantes cerca de 2 m uma da outra, com sulcos de aragem perpendiculares ao sentido do escoamento. As parcelas A, B e C, como foram codificadas, possuíam declividades médias de 10,7 - 10,9 e 12,5%, respectivamente. Antes dos ensaios os micro-relevos eram semelhantes, com desníveis de até 10 cm, aproximadamente. Eram bem visíveis sulcos e torrões soltos devido à aragem, assim como as plantas da aveia preta em início de crescimento, cobrindo menos que 5% em projeção. O solo mostrava-se mais compactado que no CTC. Na superfície, antes dos experimentos, o solo estava seco, em decorrência da ausência de chuvas significativas no mês.

Em cada parcela foram realizadas quatro simulações, sendo que na parcela B foram coletadas também amostras d'água para estudo dos sedimentos carregados pelo escoamento superficial.

Os primeiros resultados globais estão resumidos na tabela 2.

Tabela 2 : Ensaios no Anfiteatro

Ensaio.	Data	Hora	Prec. (mm)	Infiltração (mm)	Umidade (%)	Umidade (mm/60cm)	Sedim. (g)
A1	29/05/91	10:30	62,5	62,5	100,0	221	-
A2	30/05/91	18:55	85,7	76,7	89,5	233	-
A3	31/05/91	17:55	90,8	60,5	66,6	236	-
A4	01/06/91	16:15	89,4	47,6	53,2	244	-
B1	29/05/91	19:40	78,3	77,9	99,5	207	0,0
B2	30/05/91	22:47	86,8	68,6	79,0	238	28,3
B3	31/05/91	22:05	89,9	56,5	62,8	241	87,2
B4	01/06/91	18:08	88,9	48,5	54,6	248	87,7
C1	29/05/91	23:55	74,3	73,3	98,7	221	-
C2	31/05/91	01:00	83,1	77,8	93,6	228	-
C3	31/05/91	23:59	86,3	48,8	56,5	232	-
C4	01/06/91	22:43	84,4	36,7	43,5	240	-

Devido à estiagem antecedente e ao trabalho recente do solo, os primeiros ensaios nas três parcelas praticamente não produziram escoamento superficial, havendo infiltração de quase toda chuva simulada. Nos eventos posteriores, entretanto, já foram registrados escoamentos superficiais crescentes nas três parcelas, paralelamente a uma evolução no umedecimento dos solos. Comparando-se na tabela 2 a evolução do teor de umidade nos primeiros 60 cm de solo e as lâminas infiltradas nos ensaios imediatamente anteriores, verifica-se também uma boa capacidade de drenagem para as camadas mais profundas.

Os resultados dos últimos ensaios, com o solo já bastante úmido, mostram uma equivalência das parcelas A, B e C. Nesta última o volume escoado no quarto ensaio foi um pouco maior que os das parcelas A e B, o que pode ser atribuído a uma conformação mais favorável do micro-relevo.

O aspecto superficial do solo nas três parcelas, após todas as simulações de chuva, apresentava um micro-relevo alterado. Os desníveis passaram para a ordem de grandeza máxima de 5cm em razão do desgaste dos torrões e elevações da aragem. Parte dos sedimentos foram depositados nas depressões e parte foi conduzido para fora da parcela pelo escoamento superficial. Na última coluna da tabela 2 estão as quantidades medidas de sedimentos produzidas na parcela B. Nos eventos B3 e B4 as quantidades são praticamente idênticas (87,2 e 87,7 g) para lâminas escoadas de 33,4 e 40,4 mm, respectivamente. Na mesma ordem de grandeza, a produção no evento B2 foi de 28,3 g de sedimentos para uma lâmina escoada de 18,2 mm. Nestes três eventos as lâminas precipitadas tiveram a mesma ordem de grandeza, de 86,8 a 89,9 mm.

CONCLUSÃO

Os primeiros resultados obtidos com a simulação de chuvas em solos cultivados do derrame basáltico sulamericano permitem concluir que esta técnica é adequada para atingir os objetivos propostos. À medida que forem sendo realizadas as campanhas nas próximas fases de intervenção e ocupação do solo, ter-se-á idéia da variabilidade das leis de infiltração e de produção de escoamentos e sedimentos num ano agrícola. Os resultados parciais apresentados neste trabalho já dão mostra desta variabilidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro de Treinamento da Cotrijuí em Augusto Pestana (RS), particularmente ao Agrônomo Rivaldo Dhein, pesquisador em conservação dos solos; ao proprietário das terras da bacia do Anfiteatro, Sr. Neldo Costa Beber, em Pejuçara (RS); à Prefeitura de Pejuçara; à UNIJUI; ao CNPq e FAPERGS; e à Nilza Castro, aluna de mestrado IPH-UFRGS, pelo fornecimento dos dados de sedimentos.

REFERÊNCIAS

- ASSELINE, J., VALENTIN, C. (1978), Construction et mise au point d'un infiltromètre à aspersion. Cah. ORSTOM, Sér. Hydrol., V. 15, n. 4. p. 321-349.
- BORDAS, M.P., LANNA, A.E., DE LUÇA, S.J. (1990), Projeto Potiribu. Avaliação e controle dos impactos da agricultura sobre os recursos hídricos do derrame basáltico sulamericano. Comunic. 42ª Reunião anual da SBPC, Porto Alegre.
- CHEVALLIER, P., CASTRO, N.M., (1991), As precipitações na região de Cruz Alta e Ijuí (RS-Brasil). IX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, ABRH, Rio de Janeiro.
- DHEIN, R., CARBONERA, R., MEDEIROS, R.B., (1987), Resultados de experimentação e pesquisa no Centro de Treinamento da Cotrijuí 1976-1986, Augusto Pestana (RS).
- VALENTIN, C. (1985), Différentier les milieux selon leur aptitude au ruissellement : une cartographie adaptée aux besoins hydrologiques, Journés hydrologiques de l'ORSTOM, Montpellier, Coll. et sémin., 50-74.