

Influência da precipitação de perfil atrasado nas características hidráulicas do escoamento superficial em diferentes condições de superfície do solo⁽¹⁾

Luana Menezes dos Santos², Elisângela Gonçalves Pereira², Lívia Santos Machado², Cleene A. de Lima³, Thais Emanuelle Monteiro dos Santos⁴, Abelardo Antônio de Assunção Montenegro⁵

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos de CNPq, FACEPE

⁽²⁾ Graduando Tecnologia em Agroecologia, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia UFRB, Cruz das Almas, BA. E-mail: luanamenezes629@hotmail.com; eligoncalvespereira@hotmail.com; liviamachado88@hotmail.com; ⁽³⁾ Mestranda em Engenharia Agrícola, UFRPE, DTR, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, Bairro Dois Irmãos, Recife, PE, CEP 52171-900. E-mail: cleene2@hotmail.com; ⁽⁴⁾ Professora Adjunta, CCAAB, UFRB, Cruz das Almas, BA, CEP 44380-000. E-mail: thaisemanuelle@ufrb.edu.br; ⁽⁵⁾ Professor Adjunto, UFRPE, DTR, Bairro Dois Irmãos, Recife, PE. E-mail: abelardo.montenegro@yahoo.com.br

RESUMO: O objetivo do trabalho foi avaliar a influência da precipitação de perfil atrasado nas características hidráulicas do escoamento superficial em duas condições de superfície, utilizando-se um simulador de chuvas. O simulador foi previamente calibrado para gerar uma chuva de perfil atrasado. Adotaram-se as intensidades de 40 mm/h, durante os primeiros 90 minutos, e de 90,5 mm/h, durante os 30 minutos finais. Foram utilizadas parcelas experimentais de 3m² de área, delimitadas por chapas metálicas. As características hidráulicas avaliadas foram: descarga líquida, viscosidade, velocidade do escoamento, altura do escoamento, número de Reynolds e Froude. O tratamento com cobertura morta apresentou escoamento laminar lento, assim como menores taxas erosivas, permitindo a conservação do solo. Conclui-se que com práticas conservacionistas simples como a presença de cobertura morta, diminui a perdas causadas pela erosão permitindo a conservação do solo.

Termos de indexação: Características da lâmina escoada, erosão, simulador de chuva.

INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural, vivo e dinâmico, vital para o funcionamento do ecossistema como um todo. Servindo como meio para o crescimento de um complexo sistema, onde os indivíduos ligados a ele recebem suporte físico, disponibilização de água e nutrientes, gases essenciais, dentre outras importantes funções fornecidas para o condicionamento dos seres que neste habitam (Mota et al., 2008).

A erosão hídrica do solo caracteriza-se pela desagregação, transporte e deposição de partículas do solo causadas pelo impacto das gotas de chuva e pelo escoamento superficial (Cantalice, 2001). Na

maioria dos casos, as perdas de solo causadas pela erosão hídrica reduzem a espessura do solo, diminuindo a capacidade de retenção e redistribuição da água no perfil gerando, como consequência, maior escoamento superficial e, por vezes, maiores taxas de erosão do solo (Santos et al., 2009).

O objetivo das práticas conservacionistas é o de controlar a erosão em terrenos nos quais os fatores chuva, solo, topografia e uso, favoreçam a aceleração do processo erosivo. Nas áreas em que ocorre a erosão laminar e a energia de impacto das gotas de chuva é decisiva nos processos de desagregação e transporte de partículas pelo escoamento, os resíduos vegetais na superfície podem reduzir consideravelmente a erosão hídrica (Santos et al., 2008). Muitas das práticas para o controle da erosão são, efetivamente, práticas para o controle da velocidade e do volume de escoamento superficial. Diversas aproximações têm sido feitas visando à consideração dos efeitos do escoamento superficial no processo erosivo, variando desde a desconsideração dos efeitos diretos do escoamento superficial até aquelas que consideram o perfil e a velocidade de escoamento da água (Santos et al., 2009).

Uma importante característica da chuva relacionada com o processo de erosão hídrica do solo é o padrão hidrológico da mesma, principalmente as chuvas de perfil atrasado, pois, segundo Bazzano et al. (2010), no padrão atrasado, quando ocorre o pico de máxima intensidade, o solo está com maior, favorecendo a desagregação, o selamento superficial.

Sabendo-se que à medida que a infiltração ocorre, a camada superficial do solo fica saturada, a simulação de chuvas aparece como o método mais eficiente e representativo na determinação do parâmetro da velocidade de infiltração básica ou mesmo variáveis mais complexas, envolvidas nas

perdas de solo (Figueiredo et al., 2010). Com isso, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar as características hidráulicas do escoamento superficial em duas condições de superfície, utilizando-se um simulador de chuvas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campus da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), no Município de Cruz das Almas – BA, geograficamente situada nas coordenadas: latitude 12° 40' 19" S e longitude 39° 06' 23" W. A região possui um clima do tipo Am úmido a subúmido, com temperatura média de 24,1 °C, precipitação média anual de 1.170 mm e umidade relativa do ar de 80% (Almeida, 1999). O solo do local do experimento foi classificado como Latossolo Amarelo Álico coeso.

Descrição do experimento

Para calibração da chuva usou-se um simulador de chuvas (Figura 2A), desenvolvido por Santos (2006). Para gerar o perfil atrasado, calibrou-se chuvas com duração de 120 minutos, sendo 90 minutos utilizando uma pressão de 5 kPa, e nos 30 minutos restantes utilizou-se uma pressão de 60 kPa. A intensidade foi aferida através da utilização de 14 pluviômetros com área de 78,54 cm², distribuídos ao redor das parcelas.

Foram adotados dois tratamentos, no primeiro o solo estava sem cobertura, enquanto que no segundo adotou-se cobertura morta com uma densidade de 1,13 kg/m² (Figura 2B e 2C). Nas parcelas experimentais de 3m² de área, delimitada por chapas metálicas.

Avaliação das características hidráulicas

A velocidade do escoamento superficial foi estimada com auxílio de um corante azul, considerando-se pontos fixos na parcela, distanciados de 1 m. Este procedimento se deu a intervalos regulares de 3 min, a partir da formação e do deslocamento da lâmina de escoamento; os valores da velocidade superficial foram multiplicados por um fator de correção ($\alpha = 2/3$), para estimativa da velocidade média do escoamento, em m s⁻¹, conforme Farenhorst & Bryan (1995).

A altura da lâmina do escoamento (h) foi então determinada como:

$$h = \frac{q}{V}$$

em que: q – descarga líquida total por unidade de largura, m² s⁻¹

V – velocidade média do escoamento, m s⁻¹

A descarga líquida (q) foi determinada a partir das coletas de enxurrada em potes plásticos, efetuadas a cada 3 min. A partir da estimativa da altura da lâmina de escoamento pode se estimar os adimensionais números de Reynolds (Re) e o número de Froude (Fr), segundo Simons & Senturk (1992), permitindo identificar-se o regime dos escoamentos gerados a partir das chuvas simuladas.

Avaliou-se a viscosidade cinemática da água com utilização da equação abaixo, segundo Julien (1995), sendo a temperatura (°C) aferida por meio de termômetro em cada teste:

em que:

$$v = (1,14 - 0,031(T - 15) + 0,00068(T - 15)^2) \times 10^{-6}$$

em que: v – viscosidade cinemática da água, m² s⁻¹
T – temperatura da água, °C

O número de Reynolds (Re) foi obtido pela equação, segundo Simons & Senturk (1992):

$$Re = \frac{Vh}{v}$$

em que: Re= número de Reynolds, adimensional,
v= viscosidade cinemática da água (m² s⁻¹).

Para o número de Froude (Fr), foi adotada a equação, segundo Simons & Senturk (1992):

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gh}}$$

em que: Fr= número de Froude, adimensional,
g= aceleração da gravidade (m s⁻²)
h= altura do escoamento (m).

A partir dos números de Reynolds e Froude, identificou-se o regime dos escoamentos gerados a partir das chuvas simuladas, o procedimento está descrito na **Figura 1**.

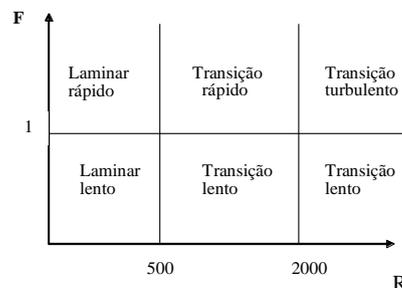


Figura 1. Esquema de classificação dos regimes de escoamento gerados durante as simulações de chuva.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **Tabela 1** encontram-se os valores de intensidade de precipitação, coeficiente de uniformidade de distribuição, bem como estatística descritiva de cada uma das repetições. Dentre as pressões utilizadas, a pressão de 30 kPa produziu chuvas com intensidade média de $75,5 \text{ mm h}^{-1}$ e uma baixa variação estatística com CV de 0,94% e um desvio padrão de 0,71. Esta baixa variação indica que não houve interferência na realização das chuvas simuladas. Para as pressões de 20 kPa e 15 kPa produziram intensidades médias $70,5 \text{ mm h}^{-1}$ e $62,5 \text{ mm h}^{-1}$ com baixos valores de desvio padrão (2,12 e 0,71) e CV de (3,01 e 1,13%). Pode-se constatar que à medida que a pressão é reduzida, maior é a aproximação da intensidade desejada.

Para este trabalho, adotou-se as intensidades de 40 mm/h, durante os primeiros 90 minutos de chuva, e de 90,5 mm/h, durante os 30 minutos finais, o que caracteriza uma chuva de perfil atrasado, que segundo Bazzano et al. (2010), no padrão atrasado, quando ocorre o pico de máxima intensidade, o solo está com maior umidade, favorecendo a desagregação, o selamento superficial e o transporte das partículas de solo, ocorrendo assim maiores perdas.

Na **tabela 2**, encontram-se as características hidráulicas obtidas para o solo com cobertura e descoberto.

Os valores de Reynolds (<500) e Froude (<1), no tratamento com cobertura morta caracterizam o escoamento como laminar lento, conforme Figura 1, devido à presença de resíduos vegetais na superfície reduzindo a velocidade do escoamento.

A presença da cobertura morta permitiu uma redução da velocidade de escoamento, em relação ao solo descoberto (Tabela 2). Segundo Carvalho et al. (2003), devido ao impacto das gotas de chuva sobre o solo, ocorre a quebra de seus agregados e a formação do encrostamento superficial, o qual contribui para a redução da capacidade de infiltração do solo.

O início do escoamento superficial do tratamento com o solo descoberto foi de 2 minutos após início da chuva simulada, observa-se que este tempo foi bastante reduzido quando se compara ao início do escoamento para a condição de solo com cobertura morta, cujo valor foi de 106 minutos, assim constata-se a importância da cobertura vegetal no solo.

Como a temperatura foi a mesma nos dois tratamentos, não houve diferença na Viscosidade ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$).

CONCLUSÕES

Conclui-se que com práticas conservacionistas simples como a presença de cobertura morta, diminui a perdas causadas pela erosão permitindo a conservação do solo, mesmo em chuvas de perfil atrasado.

AGRADECIMENTOS

Os Autores agradecem ao apoio financeiro do CNPq e FACEPE.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, O. A. Informações meteorológicas do CNP. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA – CNPMF. 1999. 35p. (EMBRAPA – CNPMF. Documentos, 34).
- BAZZANO, M. G. P.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A. Erosividade e características hidrológicas das chuvas de Rio Grande (RS). Revista Brasileira de Ciência do Solo, 34:235-244, 2010.
- CANTALICE, J.R.B. Escoamento e erosão em sulcos e em entressulcos em distintas condições de superfície do solo. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 01p. Dissertação Mestrado
- FARENHORST, A.; BRYAN, R. B. Particle size distribution of sediment transported by shallow flow. Catena, 25:47-62, 1995.
- FIGUEIREDO A.B.N.; VALLE R.F.J. Análise comparativa de equipamentos para simulação de chuva. In III SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 01, Uberaba, 2010. Anais. Uberaba: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, 2010. CD-ROM.
- JULIEN, P. Y. Erosion and sedimentation. 1.ed. Melbourne: Cambridge University Press, 1995. 280p.
- MOTA, M. C.; VIVAN, G. A.; LUDWIG, R.; BARBOSA, F.S.; QUADRO, M.S. Utilização dos parâmetros do solo como indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 17, Rio Grande do Sul, 2008. Anais. Rio Grande do Sul: Universidade Federal de Pelotas, 2008. CD-ROM.
- SANTOS, T. E. M. Avaliação de técnicas de conservação de água e solo em bacia experimental do semi-árido pernambucano. Recife: UFRPE, 2006. 34p. Dissertação Mestrado
- SANTOS, T.E.M.; MOTENEGRO, A.A.A.; PEDROSA, E.M.R. Características hidráulicas e perdas de solo e água sob cultivo do feijoeiro no semiárido. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 13:217–225, 2009.
- SIMONS, D. B.; SENTURK, F. Sediment transport technology: water and sediment dynamics. 2.ed. Colorado: Water resources publications, 1992. 897p.

Tabela 1- Valores de intensidade de precipitação e coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) para diferentes pressões de serviço.

Repetições	Pressão (KPa)								CUC
	5	10	15	20	30	40	50	60	
Intensidade da chuva (mm h ⁻¹).....								
T1	39	56	63	72	76	79	82	90	100
T2	41	54	62	69	75	80	89	91	100
Média	40	55	62,5	70,5	75,5	79,5	85,5	90,5	100
Desv.									
Padrão	1,41	1,41	0,71	2,12	0,71	0,71	4,95	0,71	0
CV%	3,54	2,57	1,13	3,01	0,94	0,89	5,79	0,78	0

Tabela 2- Número de Reynolds (Re), número de Froude (Fr), descarga líquida, altura, velocidade de escoamento e viscosidade cinemática para as diferentes práticas conservacionistas estudadas.

Características Hidráulicas	Tratamentos	
	Solo Cobertura Morta	Solo Descoberto
Re	8,26	60,26
Fr	0,01	1,04
Descarga líquida (m ² s ⁻¹)	8,00E-06	4,81E-05
Altura de escoamento (m)	2,83E-03	6,11E-04
Velocidade de escoamento (m s ⁻¹)	2,33E-03	7,87E-02
Viscosidade (m ² s ⁻¹)	7,99E-07	7,99E-07

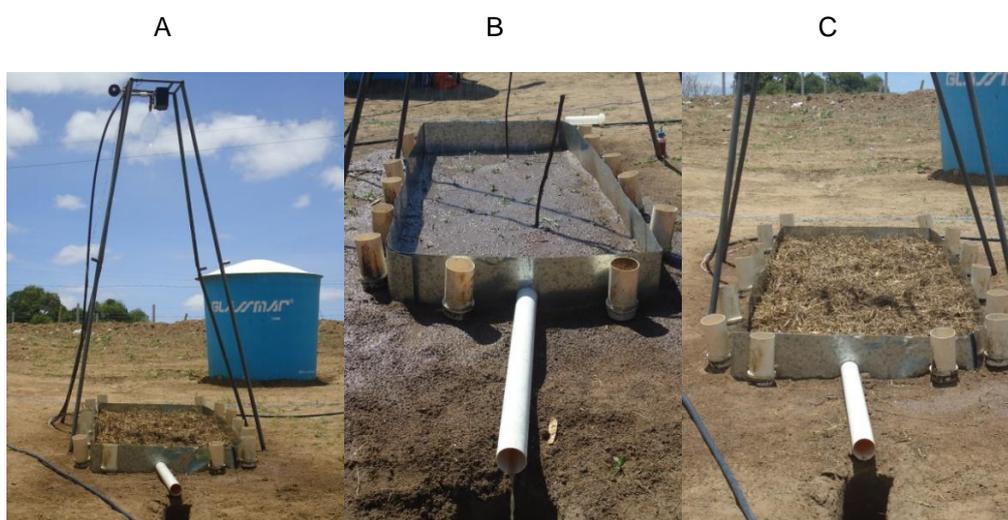


Figura 2- Simulador de chuva (A), parcela solo descoberto (B), parcelas com cobertura morta (C).