



Taxas de Desagregação e Variáveis Hidráulicas do Escoamento em um Neossolo Regolítico ⁽¹⁾.

Danillo Dutra Tavares ⁽²⁾; Josévaldo Ribeiro Silva ⁽³⁾; Flávio Pereira de Oliveira ⁽⁴⁾; José Gomes de Souza Neto ⁽⁵⁾; Mateus Guimarães da Silva ⁽⁶⁾.

⁽¹⁾Trabalho executado com recursos do CNPq

⁽²⁾Estudante de Graduação em Agronomia; Universidade Federal da Paraíba; Areia, Paraíba; E-mail: danilodutrat@hotmail.com; ⁽³⁾Estudante de Graduação em Agronomia; Universidade Federal da Paraíba; ⁽⁴⁾Professor Adjunto, Departamento de Solos e Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba – DSER/CCA/UFPB. Rodovia PB 079 – Km 12, Cidade Universitária, CEP 58397-000, Areia (PB). E-mail: pereira@cca.ufpb.br; ^(5,6)Estudante de Graduação em Agronomia; Universidade Federal da Paraíba.

RESUMO: – A erosão do solo é um fenômeno complexo, que envolve a desagregação e o transporte das partículas de solo. No entanto, a erosão em entressulcos é uma das formas mais danosas, pois remove a camada mais superficial do solo. O objetivo deste trabalho foi determinar as taxas de desagregação sob condição de laboratório e caracterizar algumas variáveis hidráulicas do escoamento em entressulcos sob chuva simulada em um Neossolo Regolítico. Os testes foram realizados em parcelas experimentais em laboratório onde foram aplicadas em três eventos seqüenciados, separados por um período de sete (7) dias. As intensidades médias das chuvas aplicadas foram de 110 mm h⁻¹. Foram avaliadas taxas de desagregação e perdas de solo em entressulcos e caracterização das variáveis hidráulicas do escoamento. As diferenças observadas entre as simulações são decorrentes apenas das condições relativas da resistência do solo, que variam de acordo com a aplicação das simulações de chuva. Houve diminuição das perdas de solo e da taxa de desagregação com o passar das simulações.

Termos de indexação: escoamento superficial, erosão, simulação de chuva.

INTRODUÇÃO

A erosão do solo é um fenômeno complexo, que envolve a desagregação e o transporte das partículas de solo, a infiltração da água no solo, o armazenamento de parte da água precipitada e o escoamento superficial (Romkens et al. 2001).

O processo de erosão hídrica foi subdividido por Meyer et al. (1975), em erosão em entressulcos e em sulcos, conforme as características do fluxo e a origem do sedimento.

A erodibilidade do solo em entressulcos é resultante do processo de desagregação das partículas do solo pelo impacto das gotas de chuva e do transporte das partículas desagregadas, pela delgada lâmina de escoamento (Foster, 1982).

É considerada uma das formas mais danosas, pois remove a camada mais superficial do solo, onde se encontram a matéria orgânica, os nutrientes e os insumos agrícolas, que favorecem a produção agrícola, alterando também as condições para ocorrência dos processos microbianos que se refletem na fertilidade do solo, pela decomposição do material orgânico, disponibilizando os nutrientes para as plantas insumos agrícolas, que favorecem a produção agrícola (Cantalice, 2002).

O objetivo deste trabalho foi determinar as taxas de desagregação sob condição de laboratório e caracterizar algumas variáveis hidráulicas do escoamento em entressulcos sob chuva simulada em um Neossolo Regolítico.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e solo

O trabalho foi realizado no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba - DSER/CCA/UFPB.

O solo utilizado no presente estudo é classificado como Neossolo Regolítico, de textura franco arenosa, do município de Pocinhos (PB).

As amostras foram coletadas na camada de 0-20 cm de profundidade e posteriormente, foram passadas em peneira com abertura de malha de 10 mm.

Os testes foram realizados em parcelas experimentais com área útil de 0,18 m², com dimensões de 0,41 m por 0,43 m e profundidade de 0,55 m. O volume da parcela foi preenchido com uma camada de solo para uma densidade de empacotamento de 1,58 g cm⁻³. Posteriormente, já nas parcelas, foram umedecidas com antecedência de 1 hora, deixando o solo com umidade na capacidade de campo.

Aplicação de chuva simulada

As chuvas simuladas em laboratório foram efetuadas utilizando-se simulador de chuvas,



semelhante ao descrito por Meyer & Harmon (1979), com um bico aspersor tipo Veejet 80-100 operando com uma pressão constante de 41 kPa na saída de água do bico.

Foram aplicadas em três eventos seqüenciados, separados por um período de sete (7) dias. As intensidades médias das chuvas aplicadas foram de 110 mm h^{-1} , determinadas através de um conjunto de pluviômetros, colocados ao acaso ao lado das parcelas experimentais.

Determinação das perdas de solo e água

As taxas de perdas de solo e a concentração de sedimentos foram obtidas pela pesagem do material coletado nos potes plásticos com capacidade de 500 mL, colocados na extremidade inferior da calha coletora. A relação entre a massa de solo seco e a massa de mistura água-sedimento expressa a concentração de sedimentos em peso (kg kg^{-1}).

Cálculo das perdas totais e taxa de desagregação do solo

As perdas totais de solo em entressulcos foram obtidas pela expressão:

$$PSi = \sum(Q C t) / A$$

onde: PSi é a perda de solo em entressulcos (kg m^{-2}); Q é a descarga total (kg s^{-1}); C é a concentração de sedimentos na enxurrada (kg L^{-1}); t é o intervalo de tempo entre duas amostragens (s); A é a área da parcela (m^2).

As taxas de desagregação do solo em entressulcos foram determinadas conforme a expressão a seguir:

$$D_i = Mss / A d_c$$

onde: Di é a taxa de desagregação do solo em entressulcos ($\text{kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); Mss é a massa do solo seco desagregado (kg); A é a área da parcela (m^2); Dc é a duração da coleta (s).

Caracterização das variáveis hidráulicas do escoamento

A descarga líquida (q), em $\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$, foi determinada a partir das coletas de enxurrada, durante o tempo cronometrado, e dividido pela largura da parcela. A velocidade superficial do escoamento (V) foi determinada através da cronometragem do tempo gasto para que um corante azul de metileno percorresse a distância entre dois pontos fixos na parcela, posteriormente ajustadas por um fator de correção ($\alpha = 2/3$) (Katz et al., 1995). A altura da lâmina do escoamento (h) foi estimada através da seguinte equação, para fluxo em um plano sob

chuva de duração finita (Singh, 1983; Woolhiser & Liggett, 1967):

$$h = q / V$$

onde: q é a descarga líquida total por unidade de largura ($\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$) e V é a velocidade média do escoamento (m s^{-1}).

A rugosidade foi determinada pelo coeficiente de Manning (n) (Braida & Cassol, 1999):

$$n = h^{5/3} S^{1/2} / q_i$$

onde: h é a altura da lâmina de escoamento (m); q é a descarga líquida ($\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$); S é o declive da parcela (m m^{-1}).

O número de Reynolds (Re) foi obtido por meio da equação (Simons & Senturk, 1992):

$$Re = Vm h / \nu$$

onde: V é a velocidade média do escoamento (m s^{-1}); h é a altura da lâmina de escoamento (m) e ν é a viscosidade cinemática da água ($\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$).

O número de Froude (Fr) foi obtido por meio da equação (Simons & Senturk, 1992):

$$Fr = Vm / \sqrt{g h}$$

onde: V é a velocidade média do escoamento (m s^{-1}); g é a aceleração da gravidade (m s^{-2}); e h é a altura da lâmina de escoamento (m).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, são apresentados os resultados da análise granulométrica e a classificação textural segundo Monteiro et al. (2010) em Neossolo Regolítico, do município de Pocinhos - PB.

A partir do exposto na Tabela 2, foi verificado que houve uma pequena diferença das variáveis entre as simulações. O Número de Reynolds (Re), que usado em mecânica dos fluidos para o cálculo do regime de escoamento de determinado fluido sobre uma superfície, em todas as simulações foi ($Re < 500$), o número de Froude (Fr), que representa a razão entre uma velocidade característica e a velocidade de onda gravitacional, em todas as simulações foi ($Fr < 1$). Desse modo os tratamentos caracterizaram o regime de escoamento como laminar lento, assim como valores de descarga líquida (q) na ordem de $10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ e altura de lâmina (h) na ordem de grandeza de 10^{-3} m , caracterizam erosão em entressulcos. Esse resultados corroboram com os valores encontrados por Bezerra et al. (2004), em parcelas com solo descoberto sob chuva simulada.

Na realização da simulação ocorreu uma elevação no valor do índice de rugosidade que foi observada



após cada aplicação de chuva simulada. Essa tendência também foi verificada por Eltz & Norton (1997) e Govers et al. (2000), atribuindo-se esse fato à consolidação do solo pelo impacto das gotas de chuva e ao rearranjo dos torrões e agregados do solo após terem sido umedecidos.

Na Figura 1, são apresentados os valores das taxas médias de desagregação do solo em entressulcos (Di), distribuídos no tempo para as três simulações avaliadas. Observa-se que a taxa de desagregação na 3ª simulação os valores foram constantes até o período final da aplicação da chuva. Em termos relativos, os valores mais elevados de Di ocorreram para a 1ª simulação e os menores para a 3ª simulação. A 2ª simulação apresentou valores intermediários entre a 1ª e 3ª simulação. Com a tendência de queda da taxa de desagregação ao final do teste, esse fato pode ser entendido por formação da crosta na superfície do solo. Esse comportamento se assemelha aos encontrados por Bezerra & Cantalice (2006), quando observaram a taxa de desagregação para as condições de solo descoberto e com resíduo de palha.

Na Figura 2 são observadas perdas de solo em entressulcos (PSI) para as três simulações de chuva. Observa-se o mesmo comportamento das taxas de desagregação, onde é visto que na 1ª simulação houve a maior perda de solo em relação às demais, ou seja, foi diminuindo com o passar dos testes, isso corrobora com o dado encontrado por Maier et al. (2013), onde ele visualizou em um Neossolo submetido a diferentes manejos, diminuição da perda de solo do primeiro ao terceiro teste, mostrando que este fato está mais intimamente ligado devido ao suprimento de sedimento que podem ser desagregados do que pela capacidade de transporte dos mesmos.

É importante considerar que as diferenças observadas entre as simulações são decorrentes apenas das condições relativas da resistência do solo em relação ao destacamento e ao transporte, que variam de acordo com a aplicação das simulações de chuva.

CONCLUSÕES

O regime de escoamento superficial obtido na condição estudada foi laminar subcrítico;

A terceira simulação apresentou a menor taxa média de desagregação devido a formação da crosta superficial.

REFERÊNCIAS

BEZERRA, S.A. Avaliação da erosão em entressulcos na cultura da cana-de-açúcar. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2004. 51p. (Dissertação de mestrado)

BEZERRA, S. A. & CANTALICE, J. R. B. Erosão entre sulcos em diferentes Condições de cobertura do solo, Sob cultivo da cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 30:565-573, 2006.

BRAIDA, J.A.; CASSOL, E.A. Relações de erosão em entressulcos com o tipo e a quantidade de resíduo vegetal na superfície do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 23:711-721, 1999.

CANTALICE, J.R.B. Escoamento e erosão em sulcos e em entressulcos em distintas condições de superfície do solo. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. 141p. (Tese de Doutorado)

ELTZ, F.L.F. & NORTON, L.D. Surface roughness changes as affected by rainfall erosivity, tillage, and canopy cover. Soil Sci. Soc. Am. J., 61:1746-1755, 1997.

FOSTER, G. R. Modeling the erosion process. In: HAAN, C. T. (Ed.). Hydrologic modeling of small watersheds. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1982. p. 297-380. (ASAE Monograph, 5).

GOVERS, G.; TAKKEN, I. & HELMING, K. Soil roughness and overland flow. Agronomie, 20:131-146, 2000.

KATZ, D.M.; WATTS, F.J.; BURROUGHS, E.R. Effects of surface roughness and rainfall impact on overland flow. Journal Hydrology Division, New York, v. 121, p. 546-553, 1995.

MAIER, C.; KAUFMANN, V.; MERTEN, G. H.; CASTRO, N. M. R.; Oliveira, F. P. de. Efeito da Crosta Superficial na Erosão Entressulcos de um Neossolo Litólico Submetido a Diferentes usos e Manejo. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, 18:149-163, 2013.

MEYER, L.D.; FOSTER, D.R. & RÖMKENS, M.J.M. Source of soil eroded by water from upland slopes. In: SEDIMENTYIELD WORKSHOP, 1975, Oxford. Proceedings. Washington, USDA, 1975. p.177-189.

MEYER, L. D. & HARMON, W. C. Multiple intensity rainfall simulator for erosion research on row sideslopes. Transactions of the American Society of Agricultural Engineering, 22:100- 103, 1979.

MONTEIRO, A. L. Caracterização mineralógica de solos representativos do Estado da Paraíba. Areia, Universidade Federal da Paraíba. 2010. (Dissertação de Mestrado)

ROMKENS, M.J.M.; HELMING, K. & PRASAD, S.N. Soil erosion under different rainfall intensities, surface roughness, and soil water regimes. Catena, 46:103-123, 2001.

SIMONS, D.B.; SENTURK, F. Sediment transport technology: water and sediment dynamics. In: WATER resources publications. [Colorado] : [s.n.], 1992. 897p.

WOOLHISER, D.A.; LIGGETT, J.A. Unsteady onedimensional flow over a plane – The rising hydrograph. Water Resources Research, Washington, 3:753-771, 1967.

SINGH, V.P. Analytical solutions of cinematic for erosion on a plane: II Rainfall of finite duration. Advanced Water Research, Brisbane, 6:88-95, 1983.

Tabela 1 - Análise granulométrica, argila dispersa em água e classificação textural da camada superficial⁽¹⁾.

Classe Textural			Argila Dispersa	Densidade do Solo	Densidade de Partícula	Classificação Textural
Areia	Silte	Argila				
----- g Kg ⁻¹ -----						
890	80	30	30	1,67	2,96	Franco Arenosa

⁽¹⁾Monteiro et al. (2010)

Tabela 2 - Caracterização das variáveis hidráulicas do escoamento superficial em solo.

Simulação	v	V	q	h	n	Re	Fr
	m ² s ⁻¹	m s ⁻¹	m ² s ⁻¹	m	m ^{1/3} s ⁻¹	---- Adimensional ----	
1ª	8,66 . 10 ⁻⁷	0,0287	2,9 . 10 ⁻⁵	1,04 . 10 ⁻³	0,1190	33,58	0,29
2ª	8,81 . 10 ⁻⁷	0,0186	3,3 . 10 ⁻⁵	1,77 . 10 ⁻³	0,2479	37,37	0,14
3ª	8,81 . 10 ⁻⁷	0,0138	3,2 . 10 ⁻⁵	2,34 . 10 ⁻³	0,4068	36,18	0,09
Média	8,76 . 10 ⁻⁷	0,0204	3,1 . 10 ⁻⁵	1,72 . 10 ⁻³	0,2579	35,71	0,17

viscosidade cinemática (v); velocidade média (V); Descarga líquida total (q); altura da lâmina de escoamento (h); coeficiente de rugosidade de Manning (n); número de Reynolds (Re) e Froude (Fr).

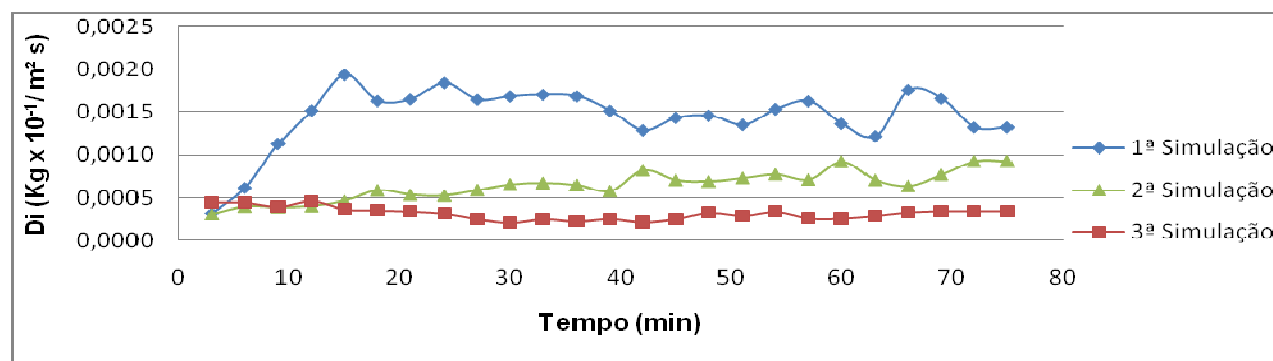


Figura 1 – Taxas médias de desagregação do solo em entressulcos (Di), para as simulações de chuva realizadas em um Neossolo Regolítico.

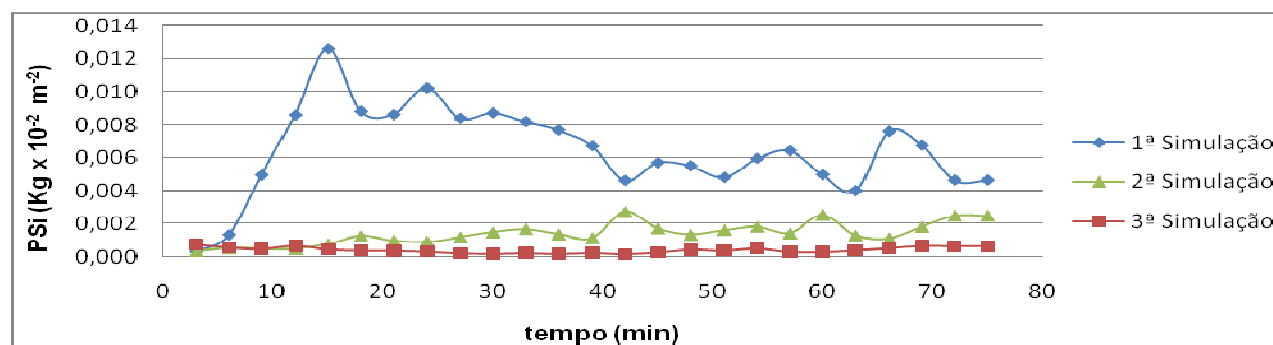


Figura 2 – Perdas de solo em entressulcos (PSi), para as simulações de chuva realizadas em um Neossolo Regolítico.