

Erosão do solo em entressulcos em Luvisolo Crômico sob diferentes condições de uso

Alex Basso⁽¹⁾; Rodolfo Assis de Oliveira⁽²⁾; Flávio Pereira de Oliveira⁽³⁾

⁽¹⁾Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas; Universidade Federal de Santa Catarina; Florianópolis, Santa Catarina; rodolfo.assis@posgrad.ufsc.br; ⁽²⁾Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Universidade Federal de Santa Catarina; ⁽³⁾Professor Adjunto do Departamento de Solos e Engenharia Rural do Centro de Ciências Agrárias; Universidade Federal da Paraíba.

RESUMO: A erosão em entressulcos é 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. Os objetivos deste trabalho foram determinar as taxas de desagregação do solo em entressulcos sob condições de laboratório, bem como caracterizar algumas variáveis hidráulicas do escoamento em entressulcos sob chuva simulada. O estudo foi realizado na Universidade Federal da Paraíba, em parcelas experimentais com área útil de 0,18 m² e 0,055 m de profundidade e declividade de 0,10 m m⁻¹. O solo utilizado foi proveniente de áreas agrícolas localizada no município de São João do Cariri (PB), caracterizado como Luvisolo Crômico vértico. Foram selecionadas três áreas: Degradada utilizada atualmente com pecuária, Cultivada com milho e Com mata nativa, onde foram coletados solos, camada de 0-20 cm de profundidade. Os testes consistiram da aplicação de chuva simulada durante 75 minutos com intensidade de 85 mm h⁻¹. Foram avaliados a concentração de sedimentos em suspensão, vazão, taxa de desagregação do solo e caracterização das variáveis hidráulicas do escoamento. O regime de escoamento foi laminar subcrítico, com número de Reynolds variando entre 24 e 20 e Froude 0,7 e 0,9 para as condições de área degradada e preservada, respectivamente. Isso permite inferir que ocorreu um escoamento característico de erosão em entressulcos, indicados pelos valores de $Re < 500$ e $Fr < 1$. A concentração de sedimento em suspensão foi superior na área degradada e inferior para área preservada, indicando menor resistência à desagregação.

Termos de indexação: chuva simulada, sedimento, variáveis hidráulicas.

INTRODUÇÃO

A erosão hídrica do solo ocasiona empobrecimento das terras cultiváveis, o que leva a uma diminuição acelerada da capacidade produtiva pelo empobrecimento do solo e, conseqüentemente, a não sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola (Bertol et al., 2004).

Conforme as características do solo e a forma de atuação do agente erosivo, a erosão poderá ocorrer de duas formas, tanto em entressulco como em

sulco. Meyer et al. (1975) sugeriram separar o processo de erosão hídrica em entressulcos e em sulcos. A erosão em entressulcos é aquela cujo agente erosivo responsável pela desagregação é a precipitação pluvial e o transporte ocorre por uma ação combinada do efeito salpicamento (“*rain splash*”) e do escoamento difuso. A fonte de sedimentos no processo do entressulco é constituída basicamente por materiais da superfície do solo.

Na erosão em entressulcos, a maior parte do material desagregado é transportada para os sulcos através do escoamento difuso. O escoamento difuso, devido a sua condição hidráulica de pouca espessura de lâmina de água em relação ao elemento rugoso, tem parte de sua tensão cisalhante total dissipada em função da resistência de forma. Com isso, a tensão cisalhante relacionada com o transporte de sedimentos e a desagregação do solo (tensão efetiva) são reduzidas (Abrahams & Person, 1991).

Solos sob chuvas frequentes apresentam maior umidade, o que resulta em maior volume de escoamento (Bertoni & Lombardi Neto, 2005), assim como altera as condições físicas da superfície do solo.

Os objetivos deste trabalho foram determinar as taxas de desagregação do solo em entressulcos sob condições de laboratório, bem como caracterizar algumas variáveis hidráulicas do escoamento em entressulcos sob chuva simulada.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e solo

O estudo foi realizado no Laboratório Física do Solo da Universidade Federal da Paraíba. As amostras foram coletadas em três áreas no município de São João do Cariri (PB): A) Degradada utilizada atualmente com pecuária, B) Cultivada com milho e C) Preservada referente a uma reserva de APP. As amostras de solo foram coletadas na camada de 0-20 cm em local representativo do Luvisolo Crômico vértico (EMBRAPA, 2009). As amostras de solo foram passadas em peneiras 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 0,055 m. O volume da parcela foi preenchido com uma camada de solo para densidade de empacotamento de $1,7 \text{ Mg m}^{-3}$.

Aplicação de chuva simulada

As chuvas simuladas em laboratório foram efetuadas utilizando-se simulador de chuvas, semelhante ao descrito por Meyer & Harmon (1979), com bico aspersor tipo Veejet 80 -100 operando com uma pressão constante de 41 kPa na saída de água do bico. A intensidade média das chuvas aplicadas foi de 85 mm h^{-1} , obtidas através de um conjunto de pluviômetros.

Determinação das perdas de solo e água

Amostras do escoamento superficial foram coletadas durante um minuto a cada três minutos de chuva simulada. As taxas de perda de solo e a concentração de sedimentos foram obtidas pela pesagem do material coletado em potes plásticos com capacidade de 500 mL, colocando-se na extremidade da calha coletora. A relação entre 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 da taxa de desagregação

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

$$PSi = \frac{\Sigma(QCt)}{A}$$

onde PSi é a perda total de solo em entressulcos (kg m^{-2}); Q é a descarga total (L 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:

$$Di = \frac{Mss}{A dc}$$

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 em entressulcos

A descarga líquida (q_i), em $\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$, foi determinada a partir das coletas de enxurrada em potes plásticos, colocados na extremidade da calha coletora,

durante o tempo cronometrado, e dividido pela largura da parcela. A velocidade superficial do escoamento (V_s) foi determinada através da cronometragem do tempo gasto para que um corante, azul de metileno, percorra a distância entre dois pontos fixos na parcela posteriormente ajustada para um fator de correção $\alpha = 2/3$, tendo em vista a distribuição do perfil de velocidade.

A altura da lâmina do escoamento foi estimada através da equação para fluxo em um plano sob chuva de duração finita e dada pela seguinte expressão:

$$h = \frac{q_i}{V_m}$$

onde h é a altura da lâmina de escoamento (m); q_i é a descarga líquida total por unidade de largura ($\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$) e V_m é a velocidade média do escoamento (m s^{-1}).

O número de Reynolds foi dado por:

$$Re = \frac{V_m h}{\nu}$$

onde Re é o número de Reynolds (adimensional); V_m 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 ($\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$). A viscosidade cinemática do escoamento varia em função da temperatura. O valor foi obtido com a utilização da equação, que é expressa conforme a temperatura da água, dada por:

$$\nu = [1,14 - 0,031(T - 15) + 0,00068](T - 15)^2 \cdot 10^{-6}$$

onde T é a temperatura da água em °C.

O número de Froude foi obtido por meio da equação expressa por:

$$Fr = \frac{V_m}{\sqrt{g h}}$$

onde Fr é o número de Froude (adimensional); V_m 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

A caracterização das variáveis hidráulicas do escoamento superficial pode ser observada na (Tabela 1). Observa-se que o regime de escoamento nas três áreas estudadas foi laminar lento com números de Reynolds variando de 20 a 24 e Froude variando de 0,7 a 0,9. Desta forma permite inferir que houve um escoamento característico de erosão em entressulcos, indicados pelos valores de Reynolds < 500 e Froude < 1 (Bernardo et al., 2006). Por esses valores é possível inferir ao observar os valores da altura da lâmina de escoamento de 0,00047, 0,00038 e 0,00033 m apesar de

estatisticamente semelhantes comparados ao nível de 0.10 pelo teste de Tukey para área degradada, cultivada e preservada, respectivamente. Essa altura de lamina de água pode estar ligada a rugosidade superficial que apesar de estatisticamente semelhante para os tratamentos empregados observa-se valores de 0,044, 0,034 e 0,030 $m^{1/3} s^{-1}$ para a área degradada, cultivada e preservada, respectivamente.

A velocidade de escoamento da água parece estar ligada inversamente a altura de escoamento e a rugosidade superficial e diretamente relacionado a descarga líquida (q).

Analisando as perdas totais de solo em entressulco (**Tabela 1**) verifica-se que estes valores se relacionam a taxa média de desagregação do solo.

Observa-se na (**Figura 1**) os valores do fator Di distribuídos no tempo para os três tratamentos avaliados. Verifica-se que a taxa de desagregação variou durante o período inicial da chuva e todos os tratamentos apresentando redução nas taxas de Di, logo tenderam a diminuir até atingir valores mínimos tornando-se constantes até o final da aplicação da chuva (75 min). Em termos relativos, os maiores valores de Di ocorreram para o tratamento de área degradada e os menores para a área preservada. O tratamento da área cultivada apresentou valores intermediários.

Analisando conjuntamente os dados de perdas de água das parcelas, apresentados nas (**Figura 2**) A, B e C, respectivamente, ficam evidenciadas que as áreas apresentaram valores semelhantes de perdas de água.

Verifica-se que pequenas variações de vazões ao longo do tempo, permanecendo estáveis até o final do experimento enquanto que a concentração de sedimentos diminuiu.

A ordem de grandeza da Concentração de Sedimento em Suspensão do tratamento de área degradada e de área cultivada foi superior ao da área preservada. Os resultados apresentados demonstram eficiência do controle da erosão por parte da área preservada. (**Figura 2C**). Este fato está provavelmente associado a presença da vegetação nativa (Albuquerque et al., 2001). Supondo-se, então, que os tratamentos de área degradada e área cultivada apresentam resistência a degradação semelhantes e uma semelhança na capacidade de transporte (verificada entre as vazões).

A menor erosão em entressulcos, verificada no tratamento de área preservada, se deve não somente a maior coesividade do solo, mas também aos fatores hidráulicos relacionados com a fase de

transporte de sedimentos. Em situações em que os agregados superficiais resistem a degradação é devida uma condição de maior rugosidade superficial que por sua vez, altera a hidráulica do escoamento no sentido de diminuir a capacidade de transporte pelo escoamento.

CONCLUSÕES

Os baixos valores de Reynolds e Frouds caracterizam um regime de escoamento laminar lento e as taxas de desagregação do solo na grandeza de 0,213 a 0,313 $kg m^{-2}$, atestam a ocorrência da erosão em entressulcos.

A concentração de sedimentos foi menor na área preservada, portanto maior resistência a degradação.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAMS, A.; PERSONS, A. J. Resistance to overland flow on desert pavement and its implications for sediment transport modeling. *Water Resources Research*, Washington. 27:1827-1836, 1991.
- ALBUQUERQUE, A. W.; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V. S. Efeito do desmatamento da caatinga sobre as perdas de solo e água de um Luvisolo em Sumé (PB). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25:121-128, 2001.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MONTAVANI, E. C. Manual de Irrigação: In: Condução de água para a irrigação. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. p.145-240.
- BERTOL, I.; GUADAGNIN, J. C.; CASOL, P. C.; AMARAL, A. J.; BARBOSA, F. T. Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um Inceptisol sob chuva natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28:485-494, 2004.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo: Ícone, 2005. 355p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2ª.ed. Rio de Janeiro: Embrapa-SPI, 2009. 412p.
- MEYER, L. D. & HARMON, W. C. Multiple intensity rainfall simulator for erosion research on row sideslopes. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineering*, v.22, p.100- 103, 1979.
- MEYER, L. D.; FOSTER, D. R. & RÖMKENS, M. J. M. Source of soil eroded by water from upland slopes. In: *Sediment Yield Workshop*. Oxford. Proceedings. Washington, USDA, p.177-189, 1975.

Tabela 1 - Caracterização das variáveis hidráulicas do escoamento em entressulco para os diferentes tratamentos.

Tratamentos	$V^{(1)}$ $m^2 s^{-1}$	$V^{(2)}$ $m s^{-1}$	$q_l^{(3)}$ $m^2 s^{-1}$	$h^{(4)}$ m	Reynolds ⁽⁵⁾ --Adimensional--	Froude ⁽⁶⁾	$D_{in}^{(7)}$ $kg m^{-2} s^{-1}$	PSi ⁽⁸⁾ $kg m^{-2}$
A	$0,84 \times 10^{-7}$	0,043 a	$1,97 \times 10^{-5}$ a	0,00047 a	24 a	0,7 a	0,00091 a	0,313 a
B	$0,85 \times 10^{-7}$	0,046 a	$1,74 \times 10^{-5}$ a	0,00038 a	21 a	0,8 a	0,00070 a	0,221 a
C	$0,81 \times 10^{-7}$	0,049 a	$1,61 \times 10^{-5}$ a	0,00033 a	20 a	0,9 a	0,00064 a	0,213 a

⁽¹⁾Viscosidade cinemática da água; ⁽²⁾Velocidade de escoamento da água; ⁽³⁾Descarga líquida por unidade de largura; ⁽⁴⁾Altura da lâmina de escoamento; ⁽⁵⁾ número de Reynolds; ⁽⁶⁾ número de Froude; ⁽⁷⁾ taxa média de desagregação em entressulco; ⁽⁸⁾PSi: Perda total de solo em entressulcos.

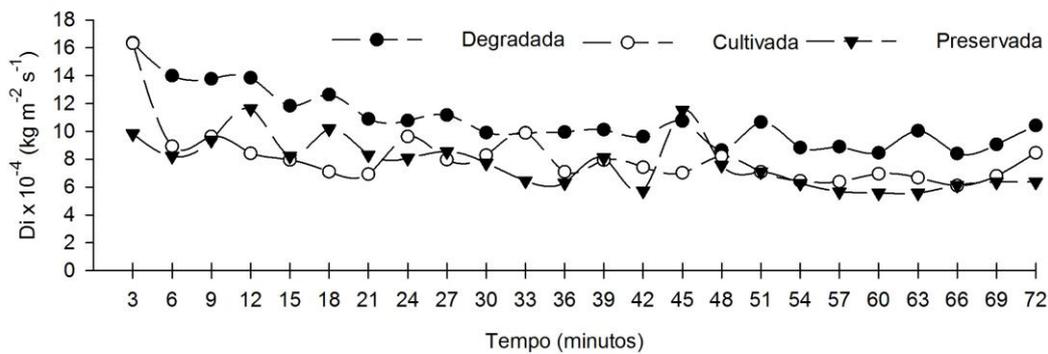


Figura 1 - Taxas médias de desagregação do solo em entressulcos (D_i), entre os tratamentos estudados, para os testes realizados em condições de laboratório

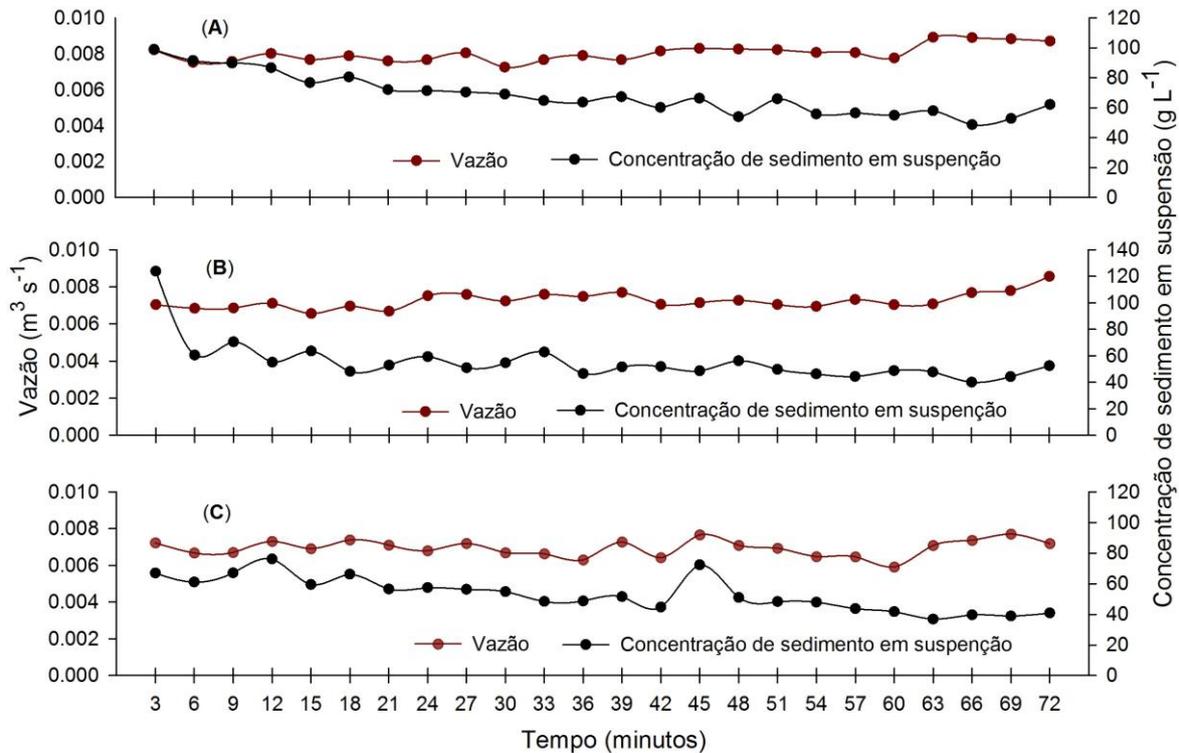


Figura 2 - Distribuição temporal do escoamento superficial e concentração de sedimentos em suspensão avaliada para área degradada (A); área cultivada (B); e área preservada (C)