

ESTIMATIVA DE PERDA DE SOLO EM SISTEMAS DE CULTIVO EM LAVOURAS DE ALGODÃO

Carlos Eduardo Avelino Cabral¹, Ricardo Santos Silva Amorim², Eliana Freire Gaspar de Carvalho Soares³, Edna Maria Bonfim-Silva⁴

1. Pós-Graduando em Agricultura Tropical da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade Federal de Mato Grosso
(carlos.eduardocabral@hotmail.com)

2 Professor Doutor da Departamento de Solos e Engenharia Rural da Universidade Federal de Mato Grosso

3 Professora Doutora da Departamento de Química Universidade Federal de Mato Grosso

4 Professora Doutora da Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Mato Grosso

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho estimar as perdas de solo em sistemas de cultivo em lavouras de sucessão milheto-algodão na região Sul do Estado de Mato Grosso e compará-las com as perdas observadas experimentalmente. Utilizou-se o modelo matemático USLE (Equação Universal de Perda de Solo) para a estimativa das perdas de solo. Os sistemas de cultivo utilizados foram: cultivo mínimo com e sem faixa de retenção ao final da encosta; plantio convencional e cultivo mínimo. As estimativas de perdas para as parcelas com cultivo mínimo e com plantio convencional foram, respectivamente, 7,88 e 10,29 t ha⁻¹ano⁻¹, apresentando-se dentro da faixa de perdas toleradas para Latossolos. As perdas estimadas para as parcelas com e sem faixa de contenção estiveram acima das perdas toleradas. Pôde-se observar que o modelo USLE superestimou as perdas de solo. Esta superestimativa ocorre, provavelmente, devido à falta de alguns parâmetros da equação calibrados para condições edafoclimáticas locais, sendo esta escassez de informação uma das principais limitações para aplicação do modelo USLE. Pôde-se verificar ainda que o modelo USLE representa, de forma satisfatória, o efeito da faixa de contenção, porém não consegue representar o efeito do sistema de cultivo mínimo em relação ao convencional, confirmando a limitação mencionada anteriormente.

PALAVRAS-CHAVE: erosão, escoamento superficial, Equação Universal de Perda de Solo, modelos matemáticos

ESTIMATES OF SOIL LOSS IN SYSTEMS CROPS IN COTTON

ABSTRACT

The objective of this paper to estimate the losses of soil in cropping systems in succession crops millet-cotton in the southern region of Mato Grosso and compare them with the losses observed experimentally. Used the mathematical model of Equation Universal Soil Loss for the estimation of soil losses. The cropping systems were used: minimum tillage with and without full restraint at the end of the slope, conventional and minimum tillage. The loss estimates for the plots with reduced

tillage and conventional tillage were 7.88 and 10.29 t ha⁻¹year⁻¹, appearing within the range of tolerated losses for Oxisols. Estimated losses for plots with and without full containment of the losses were above tolerable. It was observed that the model USLE overestimated soil loss. This overestimation occurs, probably due to lack of some equation parameters calibrated to local conditions, and this lack of information a major limitation for application of USLE model. We can notice also that the USLE model represents satisfactorily the effect of full restraint, but can not represent the effect of minimum cultivation system compared to conventional, confirming the limitation mentioned above.

KEYWORDS: erosion, runoff, Universal Soil Loss Equation, mathematical models

INTRODUÇÃO

A erosão é um aspecto limitante que deve ser considerado junto ao processo produtivo. Ela é responsável por formações de sulcos e voçorocas que diminuem a área efetivamente utilizada na produção, resultando em quedas bruscas na produtividade. Além disso, o processo erosivo é responsável por assoreamento de mananciais, além do acúmulo de nutrientes que resulta em efeitos de baixa concentração de O₂ na água, fenômeno denominado eutrofização.

Dessa forma, a avaliação do processo erosivo é imprescindível para adoção de medidas de manejo e conservação de solo e água. A modelagem da erosão de solo é uma forma de descrever matematicamente o processo de desprendimento, transporte e deposição de partículas, constituindo-se uma ferramenta eficaz para avaliar a eficiência das estratégias de ação a serem adotadas visando o controle de degradação de solos, uma vez que a adoção de experimentação em campo é custosa e morosa (WALKER et al., 2000). O desenvolvimento de modelos de estimativa de erosão vem oferecer uma análise quantitativa do processo erosivo, permitindo com que o produtor estime o quanto de solo é perdido, como também reconhecer a intensidade com que cada fator tem contribuído para essas perdas.

A Equação Universal de Perda de Solo (USLE) é um dos modelos de predição mais conhecido e utilizado. Esta equação estima erosão laminar e erosão em sulcos usando valores que representam os cinco fatores que mais influem no processo erosivo: erosividade, erodibilidade, topografia, uso e manejo do solo, e práticas conservacionistas.

A USLE, como atualmente é utilizada, foi desenvolvida com dados de escoamento superficial e de perdas de solo de 48 estações experimentais localizadas em 26 Estados dos Estados Unidos. Com base nesses dados, incluíram-se inovações importantes que melhoraram a precisão da estimativa de perdas de solo, quais sejam: um índice de erosividade da chuva, um método para avaliação dos efeitos do manejo de uma cultura, um método para quantificar a erodibilidade do solo e um método para determinar os efeitos das interações de variáveis como: produtividade, sequência de culturas e manejo dos resíduos culturais (ALBUQUERQUE et al., 2005).

Tendo em vista o crescimento expressivo da cultura de algodão no estado de Mato Grosso, e que esta cultura dispõe de cobertura deficiente para o solo, com este trabalho objetivou-se estimar as perdas de solo em diferentes sistemas de cultivo em

lavouras de algodão no estado de Mato Grosso, e compará-las com as perdas observadas experimentalmente.

METODOLOGIA

As parcelas experimentais para coleta de perdas de solo estavam localizadas em duas propriedades distintas. Duas parcelas experimentais foram instaladas em uma propriedade localizada no município de Campo Verde, às margens do Córrego da Ilha, com coordenadas 15°32'43"S e 55°09'58"O. Estas parcelas apresentavam dimensões de 3,5 m de largura e 11 m de comprimento, as quais contemplaram plantio de algodão em dois sistemas de cultivos: área de cultivo mínimo com sucessão milheto-algodão e plantio convencional. Outras duas parcelas experimentais foram instaladas em propriedade rural localizada no município de Primavera do Leste, às margens do Córrego Chico Nunes, com coordenadas 15°33'32"S e 54°17'46"O. Estas parcelas possuíam dimensões de 10 m de largura e 40 m de comprimento, ambas com cultivo mínimo e sucessão milheto-algodão, sendo o diferencial a presença de faixa de contenção em uma das parcelas.

As estimativas das perdas de solo foram realizadas com base no modelo USLE (Universal Soil Loss Equation) descrito pela Equação 1 (Wischmeier e Smith, 1958).

$$PS = RKLSCP \quad (1)$$

em que,

- PS = perda de solo média anual, $t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$;
- R = fator de erosividade da chuva, $MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$;
- K = fator de erodibilidade do solo, $t \text{ ha h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$;
- L = fator de comprimento de rampa, adimensional;
- S = fator de declividade de rampa, adimensional;
- C = fator de uso e manejo do solo, adimensional; e
- P = fator de práticas conservacionistas, adimensional.

O fator de erosividade das chuvas (R), em função da escassez de dados pluviográficos na área estudada, foi obtido a partir da metodologia proposta por ROQUE et al. (2001), a qual permite estimar o EI_{30} (R) a partir do coeficiente de chuva do local em estudo. O coeficiente de chuva foi calculado pela Equação 2, segundo o método proposto por LOMBARDI NETO (1977) e o EI_{30} será calculado pela equação 3 (ROQUE et al., 2001).

$$R_c = P_m^2 / P_a \quad (2)$$

$$\begin{aligned} EI_{30} &= 0,6157 \cdot R_c^{1,7411} \text{ (Campo Verde)} \\ EI_{30} &= 0,3228 \cdot R_c^{1,9266} \text{ (Primavera do Leste)} \end{aligned} \quad (3)$$

em que,

- R_c = coeficiente de chuva mensal, mm;
- P_m = precipitação média mensal, mm;

P_a = precipitação média anual, mm;
 EI_{30} = índice de erosividade da chuva mensal, MJ ha⁻¹mm h⁻¹.

O fator erodibilidade do solo (K) foi determinado pela Equação 4, usada na construção do nomograma de WISCHMEIER e SMITH (1978).

$$K = \{[2,1 \cdot 10^4 (12 - OM) \cdot M^{1,14} + 3,25 \cdot (s - 2) + 2,5 (p - 3)]/100\} \cdot 0,1318 \quad (4)$$

em que,

OM = conteúdo de matéria orgânica, %;
M = parâmetro que representa a textura do solo;
S = classe de estrutura do solo, adimensional; e
P = permeabilidade do perfil, adimensional.

O valor de M foi calculado com uso da equação:

$$M = (\% \text{ silte} + \% \text{ areia fina}) \cdot (100 - \% \text{ argila}) \quad (5)$$

Para determinar os valores de s e p utilizou-se a metodologia de WISCHMEIER et al., 1971.

O fator topográfico (LS) foi determinado utilizando-se a Equação 6, a qual tem a finalidade de corrigir o comprimento e a declividade da encosta para as condições existentes nas parcelas experimentais padrões utilizadas para o desenvolvimento da USLE (WISCHMEIER E SMITH, 1978), isto é, para as condições topográficas em que o comprimento e a declividade da encosta são de 22 e 9%, respectivamente, condição em que o fator LS assume valor igual a 1,0. Para obtenção do fator LS adotou parcelas com 3,5 m de largura e 22,1 m de comprimento, e será feito um levantamento planialtimétrico nos locais onde serão instaladas as parcelas experimentais numa malha de 2,5 m x 1 m para determinação da declividade de cada parcela.

$$LS = (L/22,13)^m \cdot (65,41 \text{ sen}^2 \alpha + 4,56 \text{ sen } \alpha + 0,065) \quad (6)$$

em que

L = Comprimento da rampa (encosta), m;
 α = ângulo de declive da rampa, graus; e
m = Parâmetro de ajuste que varia em função da declividade da rampa, assumindo valor de 0,5 para declividades maior ou igual a 5%, 0,4 para declividades de 3,5 a 4,5%, 0,3 para declividades de 1 a 3% e 0,2 para declividades menores que 1%.

Os fatores de uso e manejo do solo (C) e de práticas conservacionistas (P) para as diferentes condições foram baseados em BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O plantio convencional e o cultivo mínimo apresentaram estimativa de perdas de solo abaixo da tolerância de perdas de solo proposta por BERTONI e LOMBARDI NETO (1990), que para Latossolos varia entre 9 e 12 t ha⁻¹ano⁻¹ (Tabela 1). Por outro lado, as parcelas em que se avaliaram a eficiência da faixa de retenção apresentaram perdas maiores que as toleradas. Isso é explicado pela maior erosividade na área de avaliação da eficácia da faixa de retenção, maior suscetibilidade do solo a erosão, como também do maior comprimento de rampa. Fica claro que, embora a classe de solo apresente baixa suscetibilidade a erosão, os outros fatores climáticos, de manejo e relevo possuem participação expressiva no desenvolvimento do processo erosivo.

TABELA 1. Valores dos fatores erodibilidade do solo (K), erosividade da chuva (R), comprimento de rampa e declividade (LS), uso do solo (C), práticas de manejo (P) e das perdas de solo anuais (A) estimadas pela USLE da no sul de Mato Grosso

Sistema de cultivo	K	R	LS	C	P	A
	t ha ⁻¹ MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹	MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹	*	*	*	Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹
Campo Verde						
Cultivo mínimo com faixa	0,012257	24411,08	0,64	0,36	0,25	17,41
Cultivo mínimo sem faixa	0,012257	24411,08	0,64	0,36	0,50	34,26
Primavera do Leste						
Plantio Convencional	0,009806	16970,52	0,37	0,33	0,50	10,29
Cultivo Mínimo	0,009806	16970,52	0,41	0,23	0,50	7,88

* unidades adimensionais

A Equação Universal de Perda de Solo superestimou as perdas de solo (Figura 1), corroborando com AMORIM (2006). Esta superestimativa pode ser justificada por vários fatores. A princípio, a equação não considera o efeito na deposição durante o processo erosivo, o que desde já acarreta em superestimativa (WEILL e SPAROVEK, 2008). A Equação Universal de Perda do Solo foi idealizada a partir de dados de perda de solos americanos, no qual a caracterização dos solos é bem distinta das condições tropicais. Os solos americanos são menos intemperizados e bem distintos dos Latossolos que predominam em nossas condições, o que acarreta na inadequação do fator K (PEREIRA, 2000). Além disso, para cálculo do fator K, considera-se apenas a matéria orgânica como agente cimentante para formação de estrutura, ignorando que nas condições tropicais existe uma importante participação dos óxidos de ferro e alumínio na estruturação do solo, além da participação do próprio alumínio como agente flocculante (BASTOS et al., 2005; MORELLI e FERREIRA, 1987).

Outra restrição com relação ao uso da Equação Universal de Perda de Solo está

na falta dos parâmetros C e P da equação calibrados para condições edafoclimáticas locais, sendo esta escassez de informação uma das principais limitações para aplicação do modelo USLE. AMORIM (2006) explica que a superestimativa da USLE se deve principalmente aos valores K, C e P. Devido a inexistência de parâmetro C para sucessão milheto-algodão, na determinação do parâmetro C foram utilizados os dados de razão de perda de solo da cultura do algodão, associado a razão de perda de solo para cultura do milho, já que dos dados publicados, esta é a cultura que mais se assemelha ao milheto. (BERTONI & LOMBARDI, 1990). Esse fato pode ter contribuído para a inadequação do modelo, o que indica a necessidade de calibração dos parâmetros para a sucessão utilizada, e também para as condições edafoclimáticas locais. FEITOSA et al. (2007) ao correlacionar o índice de vegetação com o parâmetro C da USLE para o município de Conchal, interior de São Paulo, ele atingiu valores mínimos de 0,0175 e valores máximos de 0,1225 para a cultura do algodão. Por outro lado, FERNÁNDEZ et al. (1996) determinou para o município de Sumaré, interior de São Paulo, o parâmetro C em 0,4737. Isso demonstra a necessidade de adequar os parâmetros para as condições edafoclimáticas locais, pois ambos os estudos foram feitos no interior de São Paulo.

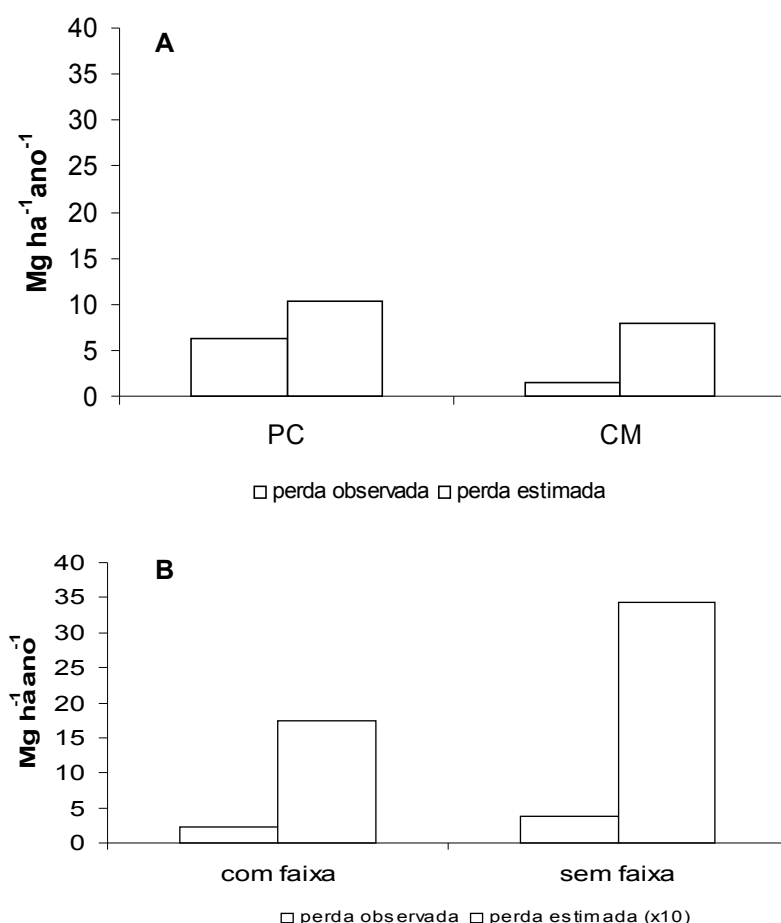


FIGURA 1. Perda de solo estimada pela USLE e observada experimentalmente nas parcelas em Campo Verde – cultivos convencional e mínimo (A) e em Primavera do Leste – cultivo mínimo com e sem faixa de retenção (B).

Verificou-se uma limitação da USLE em estimar as perdas de solo para sistema de cultivo mínimo, onde o modelo superestimou de 5 a 91 vezes (Figura 1). Esse efeito é justificável pelo fato desse sistema de manejo reduzir a perda de solo, e o modelo utilizado tender a superestimar. Já com relação ao plantio convencional, o modelo superestimou em apenas 1,65 vezes, ficando claro que os parâmetros de uso do solo e práticas de manejo tiveram maior adequação para o sistema de plantio convencional do que ao sistema de cultivo mínimo, nas condições edafoclimáticas locais.

O modelo conseguiu representar, de forma mais satisfatória, o efeito da faixa de contenção, onde a houve redução de 38% nas perdas observadas e o modelo representou a redução em 49%. Por outro lado, o modelo não conseguiu representar o efeito do cultivo mínimo, quando comparado ao plantio convencional, visto que a sistema de cultivo mínimo reduziu em 70% a perda de solo e o modelo estimou a redução em apenas 23%, confirmando todas as limitações já citadas anteriormente.

CONCLUSÕES

O plantio convencional e o cultivo mínimo apresentam estimativa de perdas de solo abaixo do tolerado na literatura. A USLE superestima as perdas de solo em todos os sistemas de cultivo avaliados. O modelo consegue representar, de forma satisfatória, o efeito da faixa de contenção, no entanto não consegue representar o efeito do sistema de cultivo mínimo em relação ao convencional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, A. W. FILHO, G. M. SANTOS, J. R. COSTA, J. P. V. SOUZA, J. L. Determinação de fatores da equação universal de perda de solo em Sumé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.2, p.153-160, 2005

AMORIM, R. S. S. SILVA, D. D. PRUSKI, F. F. **Principais modelos para estimar perdas de solo em áreas agrícolas**. In: Pruski, F. F. Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2006. 240p.

BASTOS, R. S.; MENDONÇA, E. S.; ALVAREZ V., V. H.; CORRÊA, M. M. COSTA, L.M. Formação e estabilização de agregados do solo influenciados por ciclos de umedecimento e secagem após adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 1, p. 21-31, 2005.

BERTONI, J. LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo, Editora Ícone, 1990. 355p.

FEITOSA, M. V. MORAES, J. F. L. AMBRÓSIO, L. A. ADAMI, S. F. Variação anual do Índice de Vegetação, correlacionada ao fator Uso-Manejo do solo. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, **Anais...** Florianópolis, p. 177-184.2007

FERNÁNDEZ, G. A. V. FORMAGGIO, A. R. EPIPHANIO, J. C. N. GLERIANI, J. M. Determinação de Sequências Culturais em Microbacia Hidrográfica para Caracterização do Fator C da EUPS, Utilizando Fotografia Aérea. VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, **Anais...**, Salvador, Brasil, p. 63-67, 1996.

LOMBARDI NETO, F. Rainfall erosivity - its distribution and relationship with soil loss as Campinas, Brasil. West Lafayette, Purdue University, 1977. 53p.(Tese de Mestrado)

MORELLI, M.; FERREIRA, E.B. Efeito do carbonato de cálcio e do fosfato diamônico em propriedades eletroquímicas e físicas de um Latossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.11, p.1-6, 1987.

PEREIRA, S. B. Desprendimento e arraste do solo em decorrência do escoamento superficial. UFV. Viçosa. 2000. (Dissertação de mestrado).

ROQUE, C.G.; CARVALHO, M.P. & PRADO, R.M. Fator erosividade da chuva de Piraju (SP): distribuição, probabilidade de ocorrência, período de retorno e correlação com o coeficiente de chuva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p.147-156, 2001

WALKER, S.E., MITCHELL, M.C., HIRSCHI, M.C., JOHNSEN, K.E. Sensitivity analysis of the root zone water quality model. **Transactions of the ASAE**. v.43, n.4, p.841-846, 2000.

WEILL, M.A.M; SPAROVEK, G. Estudo da erosão na microbacia do ceveiro (piracicaba, sp). i - estimativa das taxas de perda de solo e estudo de sensibilidade dos fatores do modelo EUPS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 801-814, 2008

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. **Transactions of the American Geophysical Union**, Washington, v.39, n.2, p.285-291, 1958.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses**: a guide to conservation planning. Washington: United States Department of Agriculture, 1978. 58p. (Agriculture Handbook, 537).

WISCHMEIER, W.H., JOHNSON, C.B., CROSS, B.V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.26, n.5, p.189-193, Sept./Oct. 1971.