

APLICAÇÃO DOS MODELOS RUSLE E WEPP PARA A ESTIMATIVA DA EROSÃO HÍDRICA EM MICROBACIA HIDROGRÁFICA DE VIÇOSA (MG)

Roberto Avelino Cecílio

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Florestal, Área de recursos hídricos e manejo de bacias hidrográficas. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq E-mail: racecilio@yahoo.com.br

Renata del Giudice Rodriguez

Eng^a. Agro. D. Sc. Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola
E-mail: renatadgr@hotmail.com

Luíz Gustavo Nascentes Baena

Prof. Eng. Agrí. e D. Sc. Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola. Rua PH Rolfs, s/n Campus Universitário. Departamento de Engenharia Agrícola E-mail: lbaena@ufv.br

Flávio Gonçalves de Oliveira

Prof. D. Sc. em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias. Av. Osmane Barbosa, s/n JK 39404-006 - Montes Claros, MG – Brasil UFMG E-mail: flaviogoliveira@hotmail.com

Fernando Falco Pruski

Prof. D. Sc. em Engenharia Agrícola e Professor da Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola. Rua PH Rolfs, s/n Campus Universitário. Departamento de Engenharia Agrícola E-mail: ffpruski@ufv.br

Resumo: O objetivo deste trabalho foi comparar as perdas de solo e água medidas em uma bacia experimental localizada em Viçosa (MG) com aquelas calculadas pelos modelos RUSLE e WEPP. Nas simulações realizadas, a bacia foi dividida em seis sub-bacias de acordo com as características de suas encostas. Nas simulações do WEPP dois diferentes valores foram considerados para a condutividade hidráulica do solo (K_0): um igual à taxa de infiltração estável (T_{ie}) medida (condição A) e outro calculado a partir de procedimentos internos do WEPP (condição B). A perda de água calculada na condição A foi próxima do valor medido, sendo que a condição B superestimou bastante este valor. A RUSLE calculou valor de perda de solo próximo ao medido. A condição B do WEPP estimou baixo valor de perda de solo, entretanto, maior que o observado. Na condição A, a perda de solo calculada foi nula, sendo próxima ao valor medido. Ambos modelos estimaram bem a perda de solo, contudo a RUSLE apresentou melhor estimativa. Sugere-se que os procedimentos internos de cálculo do WEPP devem ser cuidadosamente utilizados para condições brasileiras.

Palavras-chave: manejo de bacias hidrográficas, escoamento superficial, modelagem, perda de solo e água

APLICACIÓN DE LOS MODELOS RUSLE Y WEPP PARA LA ESTIMATIVA DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN MICROBACIA HIDROGRÁFICA DE VIÇOSA (MG)

Resumen: El objetivo de este trabajo fue comparar las pérdidas de suelo y agua medidas en una bacia experimental localizada en Viçosa (MG) con aquellas calculadas por los modelos RUSLE y WEPP. En las simulaciones realizadas, la bacia fue dividida en seis sub-bacias de acuerdo con las características de sus arrinconas. En las simulaciones del WEPP dos diferentes valores fueron considerados para la conductividad hidráulica del suelo (K_0): un igual a la tasa de infiltración estable (T_{ie}) medida (condición A) y otro calculado a partir de procedimientos internos del WEPP (condición B). La pérdida de agua calculada en la condición A fue próxima del valor medido, siendo que la condición B superestimó bastante este valor. La RUSLE calculó valor de pérdida de suelo próximo al medido. La condición B del WEPP estimó bajo valor de pérdida de suelo, sin embargo, mayor que el observado. En la condición A, la pérdida de suelo calculada fue nula, siendo próxima al valor medido. Ambos modelos estimaron bien la pérdida de suelo, pero la RUSLE presentó mejor estimativa. Se sugiere que los procedimientos internos de cálculo del WEPP deben ser cuidadosamente utilizados para condiciones brasileñas.

Palabras-llave: manejo de bacias hidrográficas, escoamento superficial, modelagem, pérdida de suelo y agua

APPLICATION OF RUSLE AND WEPP MODELS TO ESTIMATIVE SOIL EROSION IN A WATERSHED LOCATED IN VIÇOSA (MG)

Abstract: The objective of this paper was to compare runoff and soil loss amounts observed in an experimental Brazilian watershed with those values simulated by RUSLE and WEPP models. The watershed was divided in six areas according to their hillslopes. In WEPP simulations two values were used for the hydraulic conductivity (K_0): equal to the infiltration rate after long time of wetting (T_{ie}) measured in the watershed (scenario A) and another calculated using WEPP internal procedures (scenario B). The runoff calculated in scenario A was very close to measured value. In scenario B the annual runoff amount was over-predicted. RUSLE model simulated a very low value of soil loss and, therefore, close to the field observed. WEPP, in scenario B, also simulated a small soil loss, although greater than the field observed. In scenario A, WEPP simulated soil loss equal to zero, which is close to the observed value. Both models estimated well the soil loss, therefore RUSLE supplied better performance. It's suggested that WEPP internal procedures should be carefully used for Brazilian conditions.

Keywords: watershed management, runoff, modeling, soil and water losses

INTRODUÇÃO

A erosão hídrica é um dos maiores problemas da agricultura em todo mundo, sendo responsável pelo transporte de sedimentos que poluem corpos d'água e assoreiam reservatórios. A erosão pode causar a perda de grande quantidade de nutrientes, matéria orgânica, defensivos agrícolas e sementes, carregados juntamente com os sedimentos removidos pelo escoamento superficial, causando prejuízos diretos à produção agropecuária. A erosão também causa problemas à qualidade e disponibilidade de água, decorrentes da poluição e do assoreamento dos mananciais, favorecendo a ocorrência de enchentes no período chuvoso e aumentando a escassez de água no período de estiagem (PRUSKI, 1997).

A comunidade científica internacional reconhece que a erosão é um grave problema, entretanto, é muito difícil precisar qual a magnitude com que esta ocorre – extensão, magnitude e taxa – e qual é seu impacto econômico e ambiental. Estima-se que as áreas afetadas por erosão acelerada pela influência humana chegam a 12% na América do Norte, 18% na América do Sul, 19% na Oceania, 26% na Europa, 27% na África e 31% na Ásia (LAL, 1994). No Brasil, Hernani et al. (2002) mostram que em áreas ocupadas por lavouras e pastagens, as perdas anuais de solo e água são de 822,7 milhões de toneladas e 171 bilhões de m^3 , respectivamente, estimando que a erosão gera uma perda total anual no âmbito da propriedade rural de US\$ 2,9 bilhões.

A modelagem do processo erosivo é um processo de descrição matemática da desagregação, transporte e deposição das partículas na superfície do solo. Existem ao menos três motivos para realizar a modelagem da erosão: (a) os modelos podem ser utilizados como ferramentas de predição da erosão em planejamentos conservacionistas; (b) modelos fisicamente embasados podem prever onde e

quando ocorrerá erosão, auxiliando no direcionamento de esforços para sua redução; e (c) estes modelos podem ser utilizados para entender o processo erosivo e suas interações a fim de direcionar pesquisas (NEARING et al., 1994).

Dada a complexidade do processo que promove a erosão do solo, diversos modelos têm sido elaborados, visando encontrar sua adequada descrição. A descrição físico-matemática do processo erosivo evoluiu muito a partir da década de 50, com o surgimento da Equação Universal de Perdas do Solo (USLE). Nas últimas décadas, o avanço da informática permitiu o desenvolvimento de procedimentos baseados em técnicas de simulação, que possibilitam considerar as variações espaciais e temporais dos fatores condicionantes do processo erosivo. Dentre os modelos desenvolvidos destacam-se a Equação Universal de Perdas de Solo Revisada – RUSLE e o Projeto de Predição de Erosão Hídrica – WEPP.

Tendo em vista que os modelos para estimativa da erosão foram desenvolvidos e os seus parâmetros ajustados para condições de clima temperado, torna-se de fundamental importância uma verificação da aplicabilidade destes modelos para as condições edafoclimáticas brasileiras, uma vez que o desenvolvimento de um modelo é bastante oneroso em termos de tempo e de recursos necessários, tanto do ponto de vista de coleta de dados quanto dos diversos níveis do conhecimento que envolve o processo erosivo (AMORIM, 2003). Poucos são os trabalhos que aplicaram os modelos RUSLE E WEPP em condições edafoclimáticas brasileiras, destacando-se aqueles realizados por Sparovek et al. (2000), De Maria et al. (2001) e Amorim (2003). Outros trabalhos, como os de Avanzi et al. (2008), Silva et al. (2008) e Sergio et al. (2008) avaliaram outros modelos como a MUSLE e a USLE.

Tendo em vista o anteriormente exposto, o presente trabalho teve por objetivos: (a) avaliar a estimativa de perdas de água feita pelo WEPP quando comparada com o total medido em uma bacia experimental localizada no município de Viçosa (MG), e (b) avaliar a estimativa de perdas de solo feita pelos modelos RUSLE e WEPP quando comparada com o total medido na mesma bacia experimental.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da bacia

A bacia hidrográfica em estudo situa-se no distrito de Palmital, município de Viçosa (MG). Localiza-se entre as coordenadas UTM X: 720912 e 721179; e Y: 7695856 e 7696143, possuindo uma área de 3,99 ha, não apresentando curso d'água permanente. O levantamento topográfico e a criação da imagem de elevação da bacia foram realizados por Silva et al. (2008).

Os dados de precipitação e vazão escoada para fora da área da bacia experimental foram medidos por Silva et al.

(2008) durante o ano hidrológico 2001/2002, que utilizou pluviômetro e linígrafo providos de "data logger" para a medição da precipitação e vazão, respectivamente. A perda de solo foi determinada utilizando-se um canal localizado na seção de deságüe da bacia hidrográfica. Antes do início do ano hidrológico 2001/2002, realizou-se a batimetria do canal com uma mira de nível, sendo que o fundo do mesmo foi dividido em uma malha de 40 cm na direção transversal por 20 cm na direção longitudinal. Ao final do ano hidrológico 2001/2002, nova batimetria foi realizada no canal a fim de quantificar total de solo desprendido da bacia e acumulado neste, considerando este valor como a perda de solo ocorrida.

As análises físicas e químicas realizadas nas camadas superficiais do solo da bacia são apresentadas nas Tabelas 1 e 2. A taxa de infiltração estável (T_{ie}) na bacia foi determinada em três pontos utilizando infiltrômetros de anéis concêntricos, obtendo-se o valor médio de 60 mm h^{-1} . A bacia experimental era totalmente ocupada por pastagem em condições regulares de produção de matéria seca. Estima-se que a cobertura média da superfície do solo no período foi de 100%.

Tabela 1 – Análises físicas das camadas superficiais do solo da bacia experimental

Prof.	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Classe Textural
	dag kg ⁻¹				
0 – 10 cm	40	14	21	25	Franco-argilo-arenosa
10 – 20 cm	48	15	15	22	Franco-argilo-arenosa

Tabela 2 – Análise química das camadas superficiais do solo da bacia experimental

Prof.	pH	P	K	Na	CTC	MO
		mg/dm ³			cmol/dm ³	dag/kg
0 – 10	5,43	1,4	101	-	3,74	3,23
10 – 20	6,01	0,7	100	-	4,42	3,21

Para a realização das simulações inicialmente dividiu-se a bacia experimental em seis sub-bacias (Figura 1), utilizando-se o software "ArcView 3.2a". Foram

determinados os comprimentos de rampa e a declividades das encostas características de cada uma das sub-bacias (Tabela 3).

Tabela 3 – Dimensões das encostas características de cada sub-bacia da área em estudos

Sub-bacia	Área (ha)	Declividade média (m/m)	Comprimento de rampa (m)	Trechos		
				Nº	Comprimento (m)	Declividade (%)
1	1,06	0,55	153	1	33	52,7
				2	25	52,0
				3	24	24,2
				4	25	24,4
				5	22	27,7
				6	24	25,0
2	0,98	0,56	97	1	25	44,4
				2	20	61,5
				3	20	60,5
				4	32	54,5
3	0,63	0,63	78	1	23	69,1
				2	18	64,4
				3	24	61,3
				4	13	47,7
4	0,27	0,65	53	1	19	58,4
				2	16	73,7
				3	18	59,4
5	0,39	0,50	126	1	27	45,9
				2	20	32,5
				3	20	34,0
				4	26	45,4
				5	33	62,1
6	0,66	0,51	147	1	22	31,4
				2	24	60,8
				3	22	30,5
				4	20	35,0
				5	19	38,9

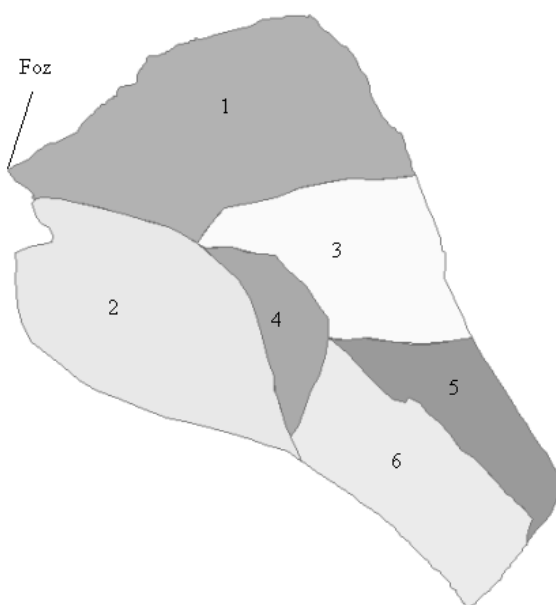


Figura 1 – Divisão da bacia experimental em sub-bacias

Utilização da RUSLE

A equação conhecida na literatura como Equação Universal de Perdas de Solo Revisada (RUSLE) expressa a perda de solo por unidade de área de acordo com a equação 1

$$P_u = R K L S C P \quad (\text{eq. 1})$$

em que

P_u = perda de solo por unidade de área, $t \text{ ha}^{-1}$;

R = fator que considera o efeito da chuva, representando sua erosividade, $\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm h}^{-1}$;

K = fator que considera a erodibilidade do solo, $(t \text{ ha}^{-1})/(\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm h}^{-1})$;

L = fator que leva em conta a distância ao longo da qual ocorre o escoamento superficial, adimensional;

S = fator que considera a declividade do terreno, adimensional;

C = fator que leva em conta o uso e manejo do solo, adimensional;

P = fator que considera as práticas conservacionistas adotadas, adimensional.

A erosividade de chuva (R) foi calculada por intermédio da equação 2, proposta por Lombardi Neto & Moldenhauer (1992), utilizando-se a série histórica de dados pluviométricos da estação climatológica de Viçosa (MG).

$$EI_{\text{mensal}} = 89,823 \left(\frac{r^2}{P} \right)^{0,759} \quad (\text{eq. 2})$$

em que

EI_{mensal} = erosividade média mensal do mês i, em $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$;

r = Precipitação média mensal do mês i, em mm;

P = Precipitação média anual, em mm

A soma de EI_{mensal} para os 12 meses do ano dá o valor da erosividade (R), sendo este valor calculado igual a $6769,5 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

Utilizou-se valor de erodibilidade do solo (K) igual a $0,017 (t \text{ ha}^{-1})/(\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm h}^{-1})$, apresentado por Bertoni & Lombardi Neto (1999) para Latossolo Vermelho-Amarelo, típico da região onde se localiza a bacia experimental.

Os fatores L e S foram calculados diretamente pelo software utilizando-se os comprimentos e declividades de rampa apresentados na Tabela 3. O fator C foi calculado considerando-se a cobertura original do solo como "bluegrass" (existente no banco de dados da RUSLE). Como nenhuma prática conservacionista era adotada na área da bacia experimental, o valor associado ao fator P

foi igual a um. Os fatores R, K, C e P não variaram em todas as seis sub-áreas da bacia experimental.

Utilização do WEPP

Para a utilização do modelo WEPP, foi necessário primeiramente gerar um arquivo a ser utilizado pelo software "CLIGEN" a fim de simular precipitações para a bacia em estudo. Para tal, foram utilizados dados de precipitação da localidade de Viçosa, MG. Este arquivo contém valores de médias e desvios-padrão dos dados de precipitação, duração da precipitação, temperatura máxima, mínima e média, radiação solar e probabilidade de um dia úmido seguido de um dia seco e de um dia seco seguido de um dia seco para todos os meses do ano. Da mesma forma que na utilização da RUSLE, considerou-se, como cobertura do solo, a pastagem tipo "bluegrass". Os comprimentos e declividades de rampa também foram tomados da Tabela 3.

Com relação à condutividade hidráulica do solo (K_0), necessária à aplicação do modelo, considerou-se duas situações distintas. Primeiramente, na situação denominada condição A, utilizou-se como K_0 o valor da taxa de infiltração estável (T_{ie}), de acordo com recomendações de Cecílio et al. (2007), uma vez que o WEPP utiliza a equação de Green-Ampt para simular a infiltração de água no solo. Em uma segunda simulação, considerou-se um valor de K_0 calculado pelo software WEPP de acordo com as características físicas e químicas do solo (condição B). Dessa maneira, a condição A representa a aplicação do WEPP em condições de solo tipicamente tropical e a condição B representa a aplicação do mesmo em sua condição padrão, isto é, utilizando-se procedimentos internos para o cálculo de K_0 , que representam condições de solos dos Estados Unidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 4 apresenta os valores de perdas de água e solo medidos na bacia e estimados pelos modelos RUSLE e WEPP (condições A e B). A perda de solo medida na bacia experimental é considerada como sendo muito baixa, sendo inferior à perda média observada em áreas de pastagens no Brasil (400 kg ha^{-1}), segundo Bertoni & Lombardi Neto (1999).

Tabela 4 – Valores de perda de água e solo medidos e estimados pelos modelos RUSLE e WEPP

	Medida	RUSLE	WEPP (Condição A)	WEPP (Condição B)
Perda de água ($\text{m}^3 \text{ ano}^{-1}$)	62,0	-	63,4	275,4
Perda de solo (kg ano^{-1})	200	140	0	300

Na simulação feita na condição A do WEPP, observou-se que a perda de água foi bem estimada uma vez que esse valor totalizou 63,4 m³, mostrando-se muito próximo daquele encontrado nas medições realizadas no campo. A diferença percentual entre a perda anual de água medida e estimada pelo WEPP nesta condição foi de apenas 2,3%.

Na simulação da condição B, estimou-se uma perda de água igual a 275,4 m³, valor que difere daquele medido em 344%. Esta diferença pode ser explicada pelo baixo valor de condutividade hidráulica simulado pelo modelo (12 mm.h⁻¹), fato que também foi descrito por De Maria et al. (2001) e Amorim (2003) em estudos de aplicação do modelo conduzidos sob condições edafoclimáticas brasileiras.

Os resultados referentes à perda de água obtidos pelo WEPP mostram que este teve uma tendência de superestima destas conforme anteriormente observado por Zeleke (1999) na Etiópia. A tendência do WEPP de superestimar as perdas de água em eventos de pequena magnitude também foi descrita por Risse et al. (1994) em condições edafoclimáticas dos Estados Unidos.

Na simulação feita para a condição A do WEPP (condutividade hidráulica igual à T_{ic}) observa-se que a perda de solo estimada foi nula. Enquanto na simulação feita para a condição B (condutividade hidráulica calculada por rotinas internas do WEPP), percebe-se que foi estimada perda igual a 300 kg ha⁻¹. Em ambas as situações pode-se considerar que o WEPP estimou bem a perda de solo, subestimando a mesma na condição A (devido à alta condutividade hidráulica) e superestimando-a na condição B (devido à condutividade hidráulica extremamente baixa).

O resultado da condição A corrobora com aqueles encontrados por Zeleke (1999) na Etiópia, que evidenciou sub-estimativa das perdas de solo calculadas pelo modelo. Já o resultado da condição B está de acordo com aqueles encontrados por Zhang et al. (1996) em solos norte-americanos sob cultivo, que mostraram que pequenos valores anuais de perda de solo tendem ser superestimados pelo WEPP. A mesma tendência de superestimativa foi observada em solos brasileiros por Amorim (2003) que aplicou o modelo em uma situação na qual o valor de K₀ foi calculado a partir dos procedimentos internos do WEPP, sendo que o autor atribuiu o fato à inadequação das equações utilizadas pelo modelo para estimar alguns parâmetros (entre eles o K₀) para as condições estudadas.

A perda de solo anual simulada pela RUSLE foi de 140 kg ha⁻¹, valor este que se encontra muito próximo àquele observado em campo. O resultado obtido está em concordância tanto com os resultados obtidos por Amorim (2003) em solos brasileiros quanto com descrição feita por Spaeth et al. (2003), que encontrou forte tendência da RUSLE em subestimar a perda de solo. Contudo, a proximidade entre os valores estimado e medido demonstra que a RUSLE estimou com boa aproximação a perda de solo para estas condições de solo e cobertura vegetal.

Comparando-se os resultados encontrados com a utilização dos dois modelos, observa-se que, para a situação estudada, a RUSLE estimou melhor que o WEPP a perda de solo medida, o que também foi observado por Tiwari et al. (2000). Isto pode ser atribuído ao fato de a RUSLE necessitar de um menor número de variáveis de entrada, sendo que estas possuíam uma base de dados para condições brasileiras que foi utilizada no trabalho. Para a aplicação do WEPP teve que se dispor de uma série de variáveis que não foram determinadas nas condições específicas deste trabalho, sendo usado o banco de dados do software.

As perdas anuais de solo e água estimadas na condição B do WEPP, que utiliza os procedimentos internos de cálculo do modelo, mostram que este deve ser usado com extremo cuidado e rigor em condições edafoclimáticas diferentes daquelas para as quais suas equações foram desenvolvidas. Tal fato também foi observado por Yu et al. (2000) em uma área de clima subtropical na Austrália e por Zeleke (1999) na Etiópia. As diferenças físicas e químicas existentes entre os solos brasileiros e norte-americanos são muito grandes (inclusive para uma mesma classe textural) para se utilizar todas as equações do WEPP, sendo necessário a determinação das características físico-hídricas e químicas dos solos brasileiros para a utilização do modelo.

CONCLUSÕES

Com base neste trabalho, pode-se concluir que: tanto RUSLE quanto WEPP estimaram bem a perda de solo ocorrida na bacia, sendo que o valor simulado pela RUSLE foi mais próximo ao valor medido; utilizando-se do valor da T_{ic} como condutividade hidráulica o WEPP estimou bem o escoamento superficial ocorrido; e a estimativa de perdas em solos típicos de regiões de clima tropical deve ser feito com bastante critério, evitando-se cálculo de parâmetros e características desses quando da utilização do WEPP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, R.S.S. Avaliação dos modelos de predição da erosão hídrica USLE, RUSLE e WEPP para condições edafoclimáticas brasileiras. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 122p. (Tese de doutorado).
- AVANZI, J.C.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; MELLO, C.R.; Fonseca, S. Calibração e aplicação do modelo MUSLE em uma microbacia hidrográfica nos Tabuleiros Costeiros brasileiros. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12, n.6, p.563–569, 2008.

- BERTONI, L.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 4.ed São Paulo: Ícone, 1999. 392p.
- CECÍLIO, R.A.; MARTINEZ, M.A.; PRUSKI, F.F.; SILVA, D.D.; ATAÍDE, W.F. Substituição dos parâmetros do modelo de Green-Ampt-Mein-Larson para a estimativa da infiltração em alguns solos do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, p. 1141-1151, 2007.
- DE MARIA, I.C.; CHAVES, M.O.; DECHEN, S.C.F. Comparação dos resultados do modelo WEPP com os obtidos em condições de chuva natural, durante sete anos, em um latossolo vermelho distroférico típico em Campinas, SP. In: *Simpósio Nacional De Controle De Erosão*, 7, Goiânia-GO, 2001.
- HERNANI, L.C.; FREITAS, P.L.; PRUSKI, F.F.; DE MARIA, I.C.; CASTRO FILHO, C.; LANDERS, J.C. A erosão e seu impacto. In: *MANZATTO, C.V.; FREITAS JÚNIOR, E.; PERES, J.R.R. Uso agrícola dos solos brasileiros*. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2002. 174p.
- LAL, R. Soil erosion: research methods. Ankeny: Soil and Water Conservation Society. 1994. 340p.
- LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W.C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). *Bragantia*, 51(2):189-196, 1992.
- NEARING, M.A.; LANE, I.J.; LOPES, V.I. Modelling soil erosion. In: *Lal, R. (ed.) Soil erosion: research methods*. p.127-156, 1994.
- PRUSKI, F.F. Aplicação de modelos físicos-matemáticos para a conservação de água e solo. In: *Silva, D.D.; Pruski, F.F. Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura*. Brasília. MMA-SRH-ABEAS, 1997. p:129-171.
- SPAROVEK, G.; LIER, Q.J.; RANIERI, S.B.L.; DE MARIA, I.C.; Flanagan, D. Application of a database interface (EDI) for erosion prediction in Brazil. *Revista Brasileira de Agrocomputação*, v. 1, n. 1, p. 5-12, 2001.
- RISSE, L.M.; NEARING, M.A.; SAVABI, M.R. Determining the Green-Ampt effective hydraulic conductivity from rainfall-runoff data for the WEPP model. *Transactions of ASAE*, 37:411-418, 1994.
- SERGIO, J.; COSTA, C.A.G.; TEIXEIRA, A.S.; ORTEGA, E. Aplicação da USLE e SIG na caracterização de três microbacias hidrográficas no Brasil. *Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais*, v. 6, n. 2, p. 213-221, 2008.
- SILVA, A.M.; MELLO, C.R.; CURTI, N.; OLIVEIRA, P.M. Simulação da variabilidade espacial da erosão hídrica em uma sub-bacia hidrográfica de latossolos no sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.2125-2134, 2008.
- Silva, J.M.A.; Pruski, F.F.; Rodrigues, L.N.; Cecílio, R.A. Programa computacional para estimativa do hidrograma de escoamento superficial em bacias hidrográficas. *Engenharia na Agricultura*, v. 16, p. 480-492, 2008.
- Spaeth, K.E.; Pierson, F.B., Wertz, M.A.; Blackburn, W.H. Evaluation of USLE and RUSLE estimated soil loss on rangeland. *Journal of Range Management*, 56:234-246, 2003.
- Tiwari, A.K.; Risse, L.M.; Nearing, M.A. Evaluation of WEPP and its comparison with USLE and RUSLE. *Transactions of the ASAE*, 43:1129-1135, 2000.
- Yu, B.; Ciesiolka, C.A.A.; Rose, C.W. ; Coughlan, K.J. A validation test of WEPP to predict runoff and soil loss from a pineapple farm on a sandy soil in subtropical Queensland, Australia. *Australian Journal of Soil Research*, 38:537-554, 2000.
- Zelege, G. Application and adaptation of WEPP to the traditional farming systems of the Ethiopian Highlands. In: *International Soil Conservation Organization Meeting, 10, Proceedings.... International Soil Conservation Organization, Purdue University, 1999. p.903-912.*
- Zhang, X.C.; Nearing, M.A.; Risse, L.M.; McGregor, K.C. Evaluation of WEPP runoff and soil loss predictions using natural runoff plot data. *Transactions of the ASAE*, 39:855-863, 1996.