

Simulações de produção de sedimentos realizadas utilizando diferentes dados de entrada no modelo *WEPP*⁽¹⁾

Flávio Pereira de Oliveira⁽²⁾; Elemar Antonino Cassol⁽³⁾; Gustavo Henrique Merten⁽⁴⁾; Jean Paolo Gomes Minella⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq;

⁽²⁾ 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; ⁽³⁾ Professor Associado, Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – DS/UFRGS. Av. Bento Gonçalves 7712, Caixa Postal 15100, CEP 91501-970, Porto Alegre (RS). E-mail: elemar.cassol@ufrgs.br; ⁽⁴⁾ Professor Adjunto, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – IPH/UFRGS. Av. Bento Gonçalves 9500, CEP 91501-970, Porto Alegre (RS). E-mail: merten@iph.ufrgs.br ⁽⁵⁾ Professor Adjunto, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria – CCR/UFSM. Av. Roraima 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). E-mail: jminella@gmail.com.

RESUMO: A modelagem da erosão do solo constitui-se numa ferramenta eficaz para avaliar a eficiência das estratégias de ação a serem adotadas visando um manejo agrícola efetivo e um controle do processo erosivo. Dentre os inúmeros modelos, o modelo de base física *WEPP* é um dos mais relevantes na predição da erosão hídrica. Este trabalho foi realizado com objetivo de realizar simulações de produção de sedimentos, utilizando diferentes dados de entrada no modelo *WEPP* versão vertente para condição edafoclimáticas do sul do Brasil. O modelo foi utilizado sem calibração onde diferentes formas e períodos de simulações foram realizados visando avaliar os processos de desagregação, transporte e deposição de sedimentos. Realizaram-se simulações utilizando dados do componente solo obtidos sob condição experimental de campo; dado do fator de erodibilidade do solo em entressulcos obtido sob condição experimental de laboratório estimado por equação da rotina interna do modelo; dados dos fatores de erodibilidade do solo em sulcos e tensão crítica de cisalhamento estimados por equações da rotina interna; dado do fator de condutividade hidráulica estimado por equação da rotina interna do modelo e por último com dado do fator de condutividade hidráulica realizado com amostras com estrutura preservada feito com o auxílio de um permeâmetro de carga decrescente. A produção de sedimentos nas simulações realizadas com o modelo *WEPP*, tanto com estimados por equações da rotina interna do modelo como pelo obtido sob condição experimental de campo foram superiores quando comparadas ao observado no monitoramento sedimentológico da bacia, principalmente nas simulações de curto período.

Termos de indexação: pequena bacia, modelagem, *WEPP*.

INTRODUÇÃO

Diversas são as consequências decorrentes do processo erosivo, podendo-se destacar a perda de terras cultiváveis pela redução da área de produção e da fertilidade do solo, a degradação física da estrutura do solo, o assoreamento de reservatórios de água reduzindo sua capacidade e transporte de nutrientes para corpos d'água em áreas susceptíveis a tal fenômeno.

Visando o controle do processo erosivo, um manejo agrícola efetivo requer o entendimento das interações complexas entre os processos químicos, físicos, hidrológicos e meteorológicos. Por esse motivo, para identificar áreas com problemas erosivos em bacias hidrográficas, modelos vêm sendo utilizados com mais frequência, já que estes permitem descrever matematicamente os processos de desprendimento, transporte e deposição de partículas do solo.

Dentre os modelos existentes para a modelagem do escoamento superficial (Aksoy & Kavvas, 2005), o *WEPP* - *Water Erosion Prediction Project* (USDA, 1995) representa a última geração de modelos baseados em processos físicos. Este modelo inclui os processos hidrológicos fundamentais de precipitação, infiltração e escoamento superficial, além dos processos erosivos básicos (desprendimento, transporte e deposição de partículas do solo) (Flanagan et al., 1995).

Deve-se considerar que os modelos de simulação são ferramentas poderosas na pesquisa e nas práticas agrícolas. Estes, quando aplicados em situações de campo, auxiliam na determinação das práticas conservacionistas e dos manejos mais indicados. No entanto, o modelo *WEPP* foi desenvolvido e os seus parâmetros ajustados para condições de clima temperado. Em razão disso, torna-se de fundamental importância uma verificação da aplicabilidade para condições edafoclimáticas brasileiras, uma vez que o desenvolvimento de um modelo torna-se oneroso em termos de tempo e recursos necessários, tanto do ponto de vista de coleta de dados quanto dos

diversos níveis do conhecimento que envolve o processo erosivo.

Este trabalho foi realizado com objetivo de realizar simulações de produção de sedimentos, utilizando diferentes dados de entrada no modelo de previsão de perdas de solo *WEPP* versão vertente para condição edafoclimáticas do sul do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização da área de estudo

O estudo foi realizado em duas vertentes da bacia hidrográfica rural do Lajeado Ferreira, localizada na comunidade de Cândido Brum, município de Arvorezinha, região centro-norte do Estado do Rio Grande do Sul (28° 52' S e 52° 05' W), a cerca de 240 km de Porto Alegre-RS.

As vertentes estudadas estão inseridas na bacia hidrográfica rural que possui área total de, aproximadamente, 1,19 km². No ano de 2002 iniciou-se o monitoramento hidrossedimentológico na bacia de Arvorezinha. Desde então foram monitorados, intensivamente, os principais eventos de cheia, concentração de sedimentos em suspensão, bem como a variabilidade espacial e temporal do uso e manejo dos solos (Minella et al., 2009).

As unidades de solos encontradas na região e na bacia hidrográfica são classificados como Argissolos, Cambissolos e Neossolos (EMBRAPA, 2006). Nas vertentes selecionadas, o solo predominante é classificado como Argissolo.

Experimentos para determinação de parâmetros de entrada da componente solo do modelo WEPP

Simulações realizadas com o modelo *WEPP* necessitam da elaboração de arquivos de entrada de dados para as componentes de solo, clima, topográfico, uso e manejo do solo. Esses arquivos foram montados por meio de informações locais e por meio da realização de estudos visando à determinação dos principais parâmetros de entrada no modelo.

Trabalhos experimentais sob condição de campo foram realizados para obtenção dos dados requeridos pelo arquivo de solos do modelo *WEPP*. Os parâmetros de erodibilidade do solo em entressulcos (fator K_i), erodibilidade do solo em sulcos (fator K_r), tensão crítica de cisalhamento do solo (τ_c) e condutividade hidráulica do solo saturado (K_{sat}) foram determinados sob condição experimental de campo efetuado por Oliveira (2010). Albedo, bem como informações processadas em laboratório referente à porcentagem de argila e areia, percentual de matéria orgânica e capacidade de troca de cátions também foram determinados.

Simulações da dinâmica de desagregação e deposição de sedimentos pelo modelo WEPP

Para realização de simulações com *WEPP*, associados aos dados do componente solo, foi necessário à elaboração de arquivos de clima, obtidos da estação climatológica mais próxima do local. Também foram levantados dados topográficos, com informações de comprimento e altitudes obtidas em diversos pontos ao longo de cada vertente. Com referência ao uso e manejo do solo foi elaborado um calendário anual formulado por meio de informações locais considerando o uso atual da área.

Diferentes formas e períodos de simulações foram realizados utilizando o modelo *WEPP*, visando avaliar os processos de desagregação, transporte e deposição de sedimentos. Realizaram-se simulações utilizando dados do componente solo do modelo *WEPP* (K_i , K_r , τ_c e K_{sat}) obtidos sob condição experimental de campo; com dado do fator de erodibilidade do solo em entressulcos do modelo *WEPP* (K_i) obtido sob condição experimental de laboratório; com dado do fator de erodibilidade do solo em entressulcos (K_i) estimado por equação da rotina interna do modelo *WEPP*; com dados dos fatores de erodibilidade do solo em sulcos e tensão crítica de cisalhamento (K_r e τ_c) estimados por equações da rotina interna do modelo *WEPP*; com dado do fator de condutividade hidráulica (K_{sat}) estimado por equação da rotina interna do modelo *WEPP* e por último com dado do fator de condutividade hidráulica (K_{sat}) realizado com amostras com estrutura preservada feito com o auxílio de um permeâmetro de carga decrescente (Dalbianco, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As simulações realizadas utilizando dado do fator K_i obtido sob condição experimental de laboratório (**Tabela 1**), apresentou valores médios anuais de produção de sedimentos em cada vertente praticamente semelhante aos valores obtidos nas simulações utilizando dado do fator K_i sob condição experimental de campo (**Tabela 2**), apesar dos valores do fator K_i nas duas condições, terem diferido significativamente. Nesta simulação, considerando períodos de simulação de 1 e 100 anos, os valores médios de produção de sedimentos obtidos na primeira vertente foram 11,10 e 2,34 t ha⁻¹ ano⁻¹ e na segunda vertente foram de 6,66 e 2,27 t ha⁻¹ ano⁻¹ (**Tabela 1**). Na simulação realizada utilizando o valor do fator K_i obtido sob condição experimental de campo, os valores de produção de sedimentos foram de 10,83 e 2,38 t ha⁻¹ ano⁻¹ na primeira vertente e 6,39 e 2,26 t ha⁻¹ ano⁻¹ na

segunda vertente (**Tabela 2**). Porém, nas simulações utilizando dado do fator K_i estimado por equação da rotina interna do modelo *WEPP*, os valores médios anuais de produção de sedimentos foram superiores comparados às simulações realizadas utilizando dados do fator K_i obtido sob condições experimentais de campo e laboratório. Nesta condição o dado do fator K_i foi superestimado comparado às condições experimentais de campo e laboratório (**Tabela 3**) e devido à sensibilidade do modelo *WEPP* a este parâmetro como entrada, os valores médios anuais de produção de sedimentos foram superiores.

Ao simular a produção de sedimentos utilizando valores dos fatores de K_r e τ_c estimados por equações da rotina interna do modelo, considerando os mesmos períodos de simulação reportados anteriormente (1 e 100 anos), as médias dos valores simulados foram superestimados e subestimados em 109,1 e 36,8 % referente à primeira vertente e 125,7 e 67,4 % na segunda vertente, respectivamente, comparados aos valores médios de produção de sedimentos obtidos nas simulações realizadas com dados dos fatores K_r e τ_c obtidos sob condição experimental de campo (**Tabela 2**).

Nas simulações utilizando o K_{sat} estimado por equação da rotina interna do modelo, a produção média de sedimentos simulada nas duas vertentes foram superestimados em 7,3 e 137,4 % na primeira e 26,8 e 65,9 % na segunda, comparados aos valores médios de produção de sedimentos obtidos nas simulações realizadas com dado obtido sob condição experimental de campo (**Tabela 2**).

Alberts et al. (1995) mencionam que o modelo *WEPP* é muito sensível a valores de entrada para parâmetros de erodibilidade do solo em entressulcos, erodibilidade do solo em sulcos e tensão crítica de cisalhamento. Os valores médios de produção de sedimentos diferenciada entre as formas de simulação realizadas, provavelmente sejam devido à considerada sensibilidade destes parâmetros.

Na última simulação realizada utilizaram-se valores de condutividade hidráulica do solo saturado (K_{sat}) obtidos por Dalbianco (2009) em amostras de solo coletadas na mesma área e feito com o auxílio de um permeâmetro de carga decrescente. Os valores médios da produção de sedimentos obtidos nas duas vertentes foram subestimados nessa simulação comparados aos valores de produção de sedimentos obtidos na simulação realizada que utilizou dado de K_{sat} obtido por meio de simulador de chuva (**Tabela 2**).

As médias dos valores anuais de produção de sedimentos nas vertentes estudadas, para diferentes formas de simulações realizadas com o modelo *WEPP*, variaram entre simulações. Na

primeira vertente e segunda vertente, especificamente na simulação III, os valores variaram entre 22,65 e 1,74 t ha⁻¹ ano⁻¹ e na segunda vertente variaram entre 14,42 e 1,35 t ha⁻¹ ano⁻¹, considerando períodos de simulação de 1 e 100 anos (**Tabela 1**). Nas simulações com dados do componente solo (K_i , K_r , τ_c e K_{sat}) obtidos sob condição experimental de campo as médias dos valores anuais de produção de sedimentos nas vertentes simuladas, variaram entre 10,83 e 2,38 t ha⁻¹ ano⁻¹ na primeira vertente e 6,39 e 2,26 t ha⁻¹ ano⁻¹, na segunda vertente, considerando períodos de simulação de 1 e 100 anos (**Tabela 2**). A média anual da produção de sedimentos observada em cinco anos de monitoramento hidrossedimentológico na bacia de Arvorezinha foi de 1,23 t ha⁻¹ ano⁻¹ (**Tabela 3**). Observaram-se valores obtidos nessa forma de simulação superiores as simulações realizadas, principalmente na primeira vertente. Os valores de produção de sedimentos obtidos na simulação III (**Tabela 1**), na primeira vertente foram 18,4 e 1,4 vezes e na segunda vertente foram 11,7 e 1,1 vezes superiores na observado na bacia, considerando períodos de simulação de 1 e 100 anos. Nas simulações com dados do componente solo (K_i , K_r , τ_c e K_{sat}) obtidos sob condição experimental de campo (**Tabela 2**), os valores de produção de sedimentos obtidos na primeira vertente foram 8,8 e 1,9 vezes e na segunda vertente foram 5,2 e 1,8 vezes superiores na observado na bacia, considerando períodos de simulação de 1 e 100 anos.

CONCLUSÃO

A produção de sedimentos nas simulações realizadas com o modelo *WEPP*, tanto com estimados por equações da rotina interna do modelo como pelo obtido sob condição experimental de campo e laboratório foram superiores comparadas ao observado no monitoramento sedimentológico da bacia, principalmente nas simulações de curto período.

REFERÊNCIAS

- AKSOY, H.; KAVVAS, M. L. A review of hillslope and watershed scale erosion and sediment transport models. *Catena*. 64: 247-271, 2005.
- ALBERTS, E.E.; NEARING, M.A.; WELTZ, M.A.; RISSE, L.M.; PIERSON, F.B.; ZHANG, X.C.; LAFLEN, J.M.; SIMANTON, J.R. Soil component. In: USDA. Water erosion prediction project – *WEPP*. West Lafayette: USDA-ARS-MWA-SWCS, 1995. Cap. 7, p. 7.1-7.47. (Technical documentation. NSERL. Report, 10).

DALBIANCO, L. Variabilidade espacial e estimativa da condutividade hidráulica e caracterização físico-hídrica de uma microbacia hidrográfica rural. 2009. 115f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (RJ). Sistema Brasileiro de classificação de solos. 2ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPq, 2006. 306p.

FLANAGAN, D.C.; NEARING, M.A. United States Department of Agriculture–USDA: Water erosion prediction project. West Lafayette : National Soil Erosion Research Laboratory – NSERL, 1995. (Technical Documentation, 10).

MINELLA, J.P.G.; MERTEN, G.H.; WALLING, D.E.; REICHERT, J.M. Changing sediment yield as an indicator of improved soil management practices in southern Brazil. *Catena*. 79:228-236, 2009.

OLIVEIRA, F. P. de. Modelagem do escoamento superficial e da erosão hídrica em bacia rural em Arvorezinha, RS, utilizando o *WEPP*. 2010. 151 p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

UZEIKA, T. Aplicabilidade do modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tool) na simulação da produção de sedimentos em uma pequena bacia hidrográfica rural. 2009. 132f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

Tabela 1 - Médias dos valores anuais de produção de sedimentos nas vertentes estudadas, para diferentes formas de simulações realizadas com o modelo *WEPP*.

Simulação	Produção de Sedimentos ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$)				
	Simulação_I ⁽¹⁾	Simulação_II ⁽²⁾	Simulação_III ⁽³⁾	Simulação_IV ⁽⁴⁾	Simulação_V ⁽⁵⁾
ano	Vertente_01				
1	11,10	11,50	22,65	11,62	3,33
25	10,01	10,27	8,71	21,92	7,74
50	5,00	5,11	4,19	11,47	3,98
100	2,34	2,42	1,74	5,65	1,86
Ano	Vertente_02				
1	6,66	7,07	14,42	5,04	2,09
25	9,53	9,63	6,08	14,44	6,23
50	4,78	4,81	2,90	7,53	3,28
100	2,27	2,29	1,35	3,75	1,56

⁽¹⁾ Simulações realizadas com dado do fator de erodibilidade do solo em entressulcos do modelo *WEPP* (K_i) obtido sob condição experimental de laboratório; ⁽²⁾ Simulações realizadas com dado do fator de erodibilidade do solo em entressulcos (K_i) estimado por equação da rotina interna do modelo *WEPP*; ⁽³⁾ Simulações realizadas com dados dos fatores de erodibilidade do solo em sulcos e tensão crítica de cisalhamento (K_r e τ_c) estimados por equações da rotina interna do modelo *WEPP*; ⁽⁴⁾ Simulações realizadas com dado do fator de condutividade hidráulica (K_{sat}) estimado por equação da rotina interna do modelo *WEPP*; ⁽⁵⁾ Simulações realizadas com dado do fator de condutividade hidráulica (K_{sat}) realizado com amostras com estrutura preservada feito com o auxílio de um permeâmetro de carga decrescente (Dalbianco, 2009).

Tabela 2 - Médias dos valores anuais de precipitação, escoamento e produção de sedimentos nas vertentes estudadas, para simulações realizadas com dados do componente solo (K_i , K_r , τ_c e K_{sat}) do modelo *WEPP* obtidos sob condição experimental de campo.

Simulação	Segmento	Precipitação	Escoamento	Produção de sedimentos
ano	m	mm	mm	$t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$
Vertente 01				
1	142	1751	333	10,83
25	142	1790	386	10,07
50	142	1778	373	5,05
100	142	1761	366	2,38
Vertente 02				
1	199	1751	334	6,39
25	199	1790	381	8,69
50	199	1778	368	4,78
100	199	1761	361	2,26

Tabela 3 - Resultados da produção de sedimentos anual medidas na bacia de Arvorezinha (Uzeika, 2009).

Ano	Produção de sedimentos observada
	$t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$
2002	1,84
2003	1,94
2004	0,61
2005	1,19
2006	0,58
Média	1,23