



XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

SIMULAÇÃO DA EROSIÃO HÍDRICA AO LONGO DE VERTENTES NA BACIA RURAL DE ARVOREZINHA, RS, UTILIZANDO O WEPP

Flávio Pereira de Oliveira⁽¹⁾; Jean Paolo Gomes Minella⁽²⁾; Elemar Antonino Cassol⁽³⁾; Gustavo Henrique Merten⁽⁴⁾

⁽¹⁾ 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; ⁽²⁾ 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; ⁽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: cassolea@orion.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

Resumo – Os modelos de predição da erosão hídrica do solo são ferramentas utilizadas para uma melhor compreensão dos processos erosivos, possibilitando a previsão de impactos futuros. Dentre os modelos existentes, o modelo de base física WEPP se destaca como um dos mais relevantes. Este trabalho foi realizado com objetivo de simular os processos de desagregação, transporte e deposição de sedimentos de forma espacializada ao longo de vertentes de bacia rural utilizando o modelo WEPP versão vertente para condição edafoclimática do sul do Brasil. O modelo foi utilizado sem calibração onde os parâmetros de entrada (erodibilidade do solo em entressulcos e em sulcos, tensão crítica de cisalhamento do solo, condutividade hidráulica saturada) foram obtidos experimentalmente sob condição de campo. Foram selecionadas duas vertentes na bacia onde foram simulados os processos de desagregação, transporte e deposição de sedimentos utilizando o WEPP. Com isso pode-se realizar a comparação com resultados de estudo que está em andamento na bacia referente à atividade de ¹³⁷Césio em pontos amostrais ao longo das vertentes realizados pelo método de redistribuição do “fallout” do ¹³⁷Césio. Os resultados da distribuição espacial dos processos desagregação e deposição de sedimentos nas vertentes simuladas pelo modelo WEPP com dados da componente solo obtidos sob condição de campo e comparados com resultados da atividade do ¹³⁷Césio mostraram algumas discrepâncias em relação à desagregação e uma tendência similar relacionado à deposição de sedimentos. O modelo WEPP apresenta boas condições para ser aplicado nas condições edafoclimáticas da região sul do Brasil, especialmente quando seus principais parâmetros são determinados nas condições locais.

Palavras-Chave: modelagem, sedimentos, pequenas bacias, WEPP.

INTRODUÇÃO

A erosão do solo afeta a qualidade do solo, da água e do ar. A aceleração do processo de erosão do solo e o conseqüente aumento na taxa de erosão devido às perturbações antropogênicas no equilíbrio solo-

vegetação-clima, têm influenciado na qualidade do solo e no cenário ambiental.

O processo erosivo remove a camada superficial do solo, reduzindo os teores de matéria orgânica e a atividade biológica a eles associada, reduzindo a disponibilidade de nutrientes, além de contribuir para a degradação física do solo. Em solos que apresentam restrições ao crescimento radicular, a erosão diminui a profundidade de enraizamento, o que reduz quantidades de água, ar e nutrientes disponíveis para as plantas (Ribeiro et al. 2009).

A estimativa da erosão é essencial para a adoção de um programa de manejo e conservação do solo e extremamente útil para prever os impactos antes mesmo de uma determinada cultura ou prática agrícola ser implementada. Constitui-se, desta forma, numa ferramenta de grande importância como suporte as tomadas de decisão, uma vez que as alternativas de manejo são numerosas, apresentando alto custo. Conseqüentemente, os resultados de uma prática conservacionista podem levar anos ou décadas para exercer influência sobre erosão (Lane et al., 1992; Chaves, 1996).

Os modelos de predição da erosão hídrica do solo são importantes ferramentas de análise, os quais podem ser usados para melhor compreender os processos erosivos, analisar o desempenho das práticas de manejo e avaliar os riscos e os benefícios advindos de diferentes tipos de uso do solo (Marchi et al., 2006, Chaves, 1996).

Dentre os modelos existentes para a modelagem da erosão hídrica (Merritt et al. 2003), o WEPP - *Water Erosion Prediction Project* (USDA, 1995) representa a última geração de modelos baseados em processos físicos, incorporando os desenvolvimentos anteriores de Meyer & Wischmeier (1969), Foster & Meyer (1972) e Meyer et al. (1975).

O WEPP consiste em um modelo dinâmico de simulação que considera os processos de erosão em entressulcos e em sulcos separadamente. Permite determinar as distribuições espacial e temporal da perda de solo e deposição de sedimentos, além de fornecer estimativas de quando e onde, em determinada vertente ou bacia hidrográfica, esta ocorrendo erosão, possibilitando, assim a adoção de medidas de conservação para controlar a perda de solo e a produção de sedimentos (Flanagan et al., 1995).

Este trabalho foi realizado com objetivo simular e analisar os processos de desagregação, transporte e deposição de sedimentos de forma espacializada ao longo de vertentes de bacia rural utilizando o modelo de predição de perdas de solo *WEPP* versão vertente para condição edafoclimática 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 (Minella et al., 2009; Minella, 2007). Associado ao monitoramento na bacia, outro estudo que está em andamento refere-se à determinação da atividade do ¹³⁷Césio tendo como base o método de redistribuição do “fallout” do ¹³⁷Césio.

O clima da área onde se localiza a bacia, segundo classificação de Koppen, é do tipo Cfb, subtropical úmido com verões quentes, inverno com geadas frequentes e precipitação média de 1600 mm, bem distribuída ao ano (Minella et al., 2007).

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.

O solo é utilizado para atividades agrícolas, entre as quais se destaca o cultivo do fumo com preparo tradicional. Entretanto, os usos atuais encontrados na área da bacia compõem-se de áreas agrícolas com lavouras anuais em sistema de cultivo mínimo, áreas agrícolas com lavouras anuais em sistema tradicional, áreas de pastagem perene, áreas de mata, áreas de capoeira e estradas (Mello, 2006).

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 a 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 períodos de simulações foram realizados utilizando o modelo *WEPP*, visando avaliar os processos de desagregação, transporte e deposição de sedimentos de forma espacializada ao longo de vertentes da bacia. 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

Comparação dos resultados simulados pelo modelo WEPP com os estimados pelo método da redistribuição do “fallout” ¹³⁷Césio

Associado ao monitoramento na bacia, outro estudo que está em andamento refere-se à determinação da atividade do ¹³⁷Césio tendo como base o método de redistribuição do “fallout” do ¹³⁷Césio.

Em sete vertentes representativas (solo, relevo) da bacia, foi realizado estudo para determinação da atividade do ¹³⁷Césio utilizando o método de redistribuição do “fallout” do ¹³⁷Césio. Dentre essas vertentes, foram selecionadas duas vertentes onde foram simulados os processos de desagregação, transporte e deposição de sedimentos utilizando o modelo *WEPP* de predição de perdas de solo. Com isso pode-se realizar a comparação entre as áreas de desagregação e deposição de sedimentos simulados pelo o modelo *WEPP* com os resultados de atividade de ¹³⁷Césio em pontos amostrais ao longo das vertentes realizados pelo método de redistribuição do “fallout” do ¹³⁷Césio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Simulações da dinâmica de desagregação e deposição de sedimentos pelo modelo WEPP e estimados pelo método de redistribuição do “fallout” ¹³⁷Césio

A distribuição espacial do processo erosivo ao longo das vertentes estudadas em diferentes anos de simulação realizadas com dados do componente solo do modelo *WEPP* obtidos sob condição experimental de campo podem ser observadas nas Figuras 1 e 2.

Observa-se que, para 1 ano de simulação, o processo erosivo foi pouco acentuado nas duas condições estudadas (Figura 1a e 2a). Alterações nas condições de superfície do solo e áreas de desagregação e deposição ao longo da encosta, pouco foram constatadas. Neste período, verificou-se apenas erosão do solo, concentrado na parte inferior da encosta e neste caso, o aporte de sedimentos foi igual às perdas de solo, não havendo deposição de sedimentos.

A dinâmica do processo erosivo em um longo período de tempo, nas duas condições estudadas, realizadas para 100 anos (Figuras 1b e 2b) de simulação já foram bem

acentuadas. O processo erosivo abrangeu praticamente toda a encosta, principalmente a primeira. Neste processo, parte do material de solo desagregado ao longo da encosta foi depositado na base da encosta.

Esta deposição observada, principalmente na segunda vertente, ocasionou menor produção de sedimentos. A carga de sedimentos desagregado na parte superior da vertente e a menor capacidade de transporte do escoamento resultaram em parte do material depositado na parte inferior da vertente. Esse fato pode estar relacionado ao formato diferenciado entre vertentes, especificamente na segunda que apresentou um perfil de encosta côncavo, o qual conferiu uma dinâmica e magnitude diferente do processo de erosão.

Distribuição espacializada dos inventários de ¹³⁷Césio nas vertentes estudadas

Na Figura 3 são apresentados a distribuição espacializada dos inventários de ¹³⁷Césio nas duas vertentes estudadas (3a e 3b).

Através da Figura 3a pode-se observar que na primeira vertente a atividade de ¹³⁷Césio apresentou uma variação ao longo da vertente. Perfis de amostragem foram encontrados com atividade de ¹³⁷Césio superiores e inferiores ao inventário de referência, indicando possíveis áreas de erosão e deposição de sedimentos ao longo da vertente em estudo. Na cota mais elevada, mediana e inferior da vertente observaram-se perfis com atividade de ¹³⁷Césio superiores ao inventário de referência, indicando áreas de deposição de sedimentos.

Na segunda vertente (Figura 3b), apesar uma variação na atividade de ¹³⁷Césio, a dinâmica do processo foi diferente em relação ao observado na primeira vertente, principalmente na parte superior e mediana da vertente. Na posição superior observou-se menor atividade de ¹³⁷Césio quando comparado ao inventário de referência, indicando intenso processo erosivo. Parte da carga de sedimentos desagregada nessa posição foi depositada na seguinte, onde no perfil de amostragem observou-se maior atividade de ¹³⁷Césio. Na posição mediana da vertente, menor atividade de ¹³⁷Césio foi verificada, sendo caracterizada por um processo de desagregação, onde parte da carga de sedimentos foi depositada na parte inferior da vertente, verificado através da maior atividade de ¹³⁷Césio comparada ao inventário de referência.

Comparação da dinâmica de desagregação e deposição de sedimentos simulados pelo modelo WEPP e estimados pelo método de redistribuição do “fallout” ¹³⁷Césio de forma espacializada ao longo das vertentes estudadas

A distribuição espacial da desagregação e deposição de sedimentos ao longo das encostas, para o período de 1 ano de simulação, nas duas condições estudadas, podem ser observados nas Figuras 1a e 2a. Ao comparar a distribuição espacial do processo erosivo realizado pelo modelo WEPP em relação à distribuição espacializada dos inventários de ¹³⁷Césio (Figuras 3a e 3b), observa-se não apresentar a mesma tendência entre os métodos de determinação. Na

simulação pelo WEPP para esse período observou-se apenas desagregação, enquanto na distribuição espacializada dos inventários de ¹³⁷Césio observou-se uma variação ao longo da vertente, indicando possíveis áreas de desagregação e deposição de sedimentos. Conforme evidenciado por Baffaut et al. (1996) para que o modelo WEPP represente satisfatoriamente o processo erosivo, o período de simulação é fundamental para que haja uma estabilidade do modelo.

Na primeira vertente, quando simulados pelo modelo WEPP para o período de 100 anos (Figuras 1b), áreas de desagregação e deposição de sedimentos foram observadas. Na distribuição espacializada pelo modelo WEPP em relação aos inventários de ¹³⁷Césio (Figura 3a), embora na posição inferior da vertente tenha apresentado a mesma tendência de deposição de sedimentos, nas posições superior e mediana da vertente não foram observados, por sua vez verificado na distribuição espacializada dos inventários de ¹³⁷Césio.

Na simulação realizada na segunda vertente para o período de 100 anos utilizando o modelo WEPP (Figura 2b) em relação à distribuição observada nos inventários de ¹³⁷Césio (Figura 3b) o que diferiu entre ambos os métodos foi maior atividade de ¹³⁷Césio no segundo perfil amostral observado na parte superior da encosta indicando área de deposição de sedimentos. Nesta simulação, áreas de desagregação no terço mediano e deposição no terço inferior apresentaram a mesma tendência entre as duas formas de determinação.

Ao comparar as possíveis áreas de deposição de sedimentos na posição inicial e mediana das vertentes indicados pela distribuição espacial da atividade do ¹³⁷Césio com as simuladas pelo modelo WEPP, observa-se que o WEPP não conseguiu reproduzir essa dinâmica. Essa deposição de sedimentos indicados pela distribuição espacial da atividade do ¹³⁷Césio provavelmente esteja relacionada ao sistema de preparo do solo realizado por meio de aração com tração animal, ocasionando a chamada erosão por preparo influenciada pela intensa mobilização do solo.

CONCLUSÃO

1. A distribuição espacial dos processos desagregação e deposição de sedimentos nas vertentes simuladas pelo modelo WEPP com dados da componente solo obtidos sob condição de campo e comparados com resultados da atividade do ¹³⁷Césio mostraram algumas discrepâncias em relação à desagregação e uma tendência similar relacionado à deposição de sedimentos.

REFERÊNCIAS

- BAFFAUT, C.; NEARING, M.A.; NICKS, A.D. Impact of climate parameters on soil erosion using CLIGEN and WEPP. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph v. 39, p. 447-457, 1996.
- CHAVES, H.M.L. Modelagem matemática da erosão hídrica: passado, presente e futuro. In: ALVAREZ V.H.; FONTES, L.E.; FONTES, M.P.F. (Eds.). O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa: SBCS : UFV. DPS, 1996. p.731-750.
- 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-USA: Water erosion prediction project. West Lafayette : National Soil Erosion Research Laboratory – NSERL, 1995. (Technical Documentation, 10).

FOSTER, G.R.; MEYER, L.D. Mathematical simulation of upland erosion by fundamental erosion mechanics. In: USDA-ARS (Ed.) Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources. Washington, 1972. p.190-207 (ARS-S, 40).

LANE, L.J.; RENARD, K.G.; FOSTER, G.R.; LAFLEN, J.M. Development and application of modern soil erosion prediction technology. Australian Journal of Soil Research, Melbourne, v. 30, p. 893-912, 1992.

MARCHI, O.A.; CALIJURI, M.L.; LELIS, T.A. Proposta de modelagem ambiental integrada de processos hidrossedimentológicos e hidrológicos e avaliação de cenários de desenvolvimento em bacias hidrográficas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 7., 2006, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, 2006. CD-Rom.

MERRITT, W.S.; LETCHER, R.A.; JAKEMAN, A.J. A review of erosion and sediment transport models. Environmental Modelling & Software, Oxford, v. 18, p. 761-799, 2003.

MEYER, L.D.; FOSTER, G.R.; ROMKENS, M.J.M. Source of soil eroded by water from upland slopes. In: USDA-ARS (Ed.) Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources. Washington : USDA-Agricultural Research, 1975.

MELLO, N.A. Efeito do sistema de manejo nos atributos do solo, movimentação de sedimentos e exportação de

carbono orgânico numa microbacia rural sob cultura do fumo. 2006. 248 p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

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, Amsterdam, v. 79, p. 228-236, 2009.

MINELLA, J.P.G.; MERTEN, G.H.; REICHERT, J.M.; SANTOS, D.R. Identificação e implicações para a conservação do solo das fontes de sedimentos em bacias hidrográficas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 31, p. 1637-1646, 2007.

MEYER, L.D.; WISCHMEIER, W.H. Mathematical simulation of the process of soil erosion by water. Transaction American Society Agricultural Engineering, St. Joseph, v. 12, p. 754-758, 1969.

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.

RIBEIRO, M.R.; SAMPAIO, E.V.S.B.; GALINDO, I.C.L. Os solos e o processo de desertificação no semi-árido brasileiro. Tópicos em Ciência do Solo, Viçosa, MG : Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009.v. 6, p. 413-460.

USDA. Water erosion prediction project – WEPP. United State Department of Agricultural, West Laffayette, 1995 (Technical documentation, NSERL, Report, n. 10).

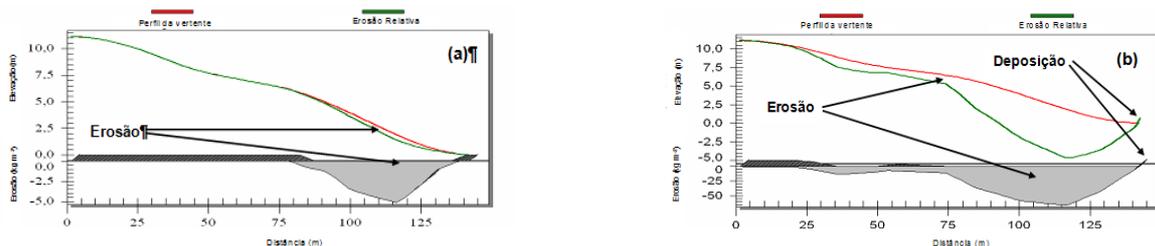


Figura 1. Distribuição espacial da desagregação e deposição de sedimentos na primeira vertente para 1 (a) e 100 (b) anos de simulação realizadas com dados do componente solo do modelo WEPP obtidos sob condição experimental de campo.

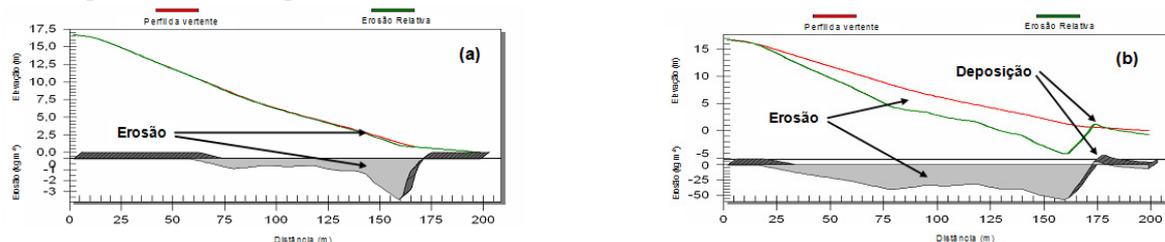


Figura 2. Distribuição espacial da desagregação e deposição de sedimentos na segunda vertente para 1 (a) e 100 (b) anos de simulação realizadas com dados do componente solo do modelo WEPP obtidos sob condição experimental de campo.

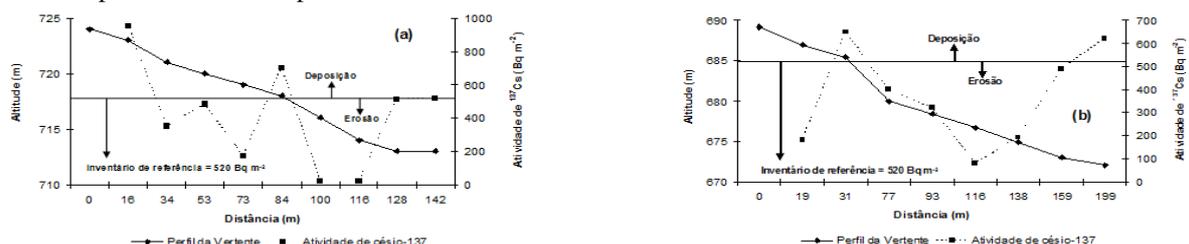


Figura 3. Distribuição dos inventários de ¹³⁷Césio na primeira (a) e segunda (b) vertente estudada.