

Determinação de propriedades físicas do solo com base para a modelagem da dinâmica da água no solo

Bonumá, N. B.⁽¹⁾; Rodrigues, M. F.⁽²⁾; Barros, C. A. P.⁽¹⁾; Dalbianco, L.⁽¹⁾; Reichert, J. M.⁽¹⁾; Minella, J. P. G.⁽¹⁾.

¹Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, e-mail: nadiabonuma@gmail.com,
dinhaufsm@gmail.com, miriamf.solos@gmail.com, agro.dalbianco@gmail.com,
reichert.jm@googlemail.com, jminella@gmail.com

Resumo

As propriedades físicas do solo influenciam diretamente nos processos de infiltração, armazenamento e escoamento. O objetivo deste trabalho foi avaliar as propriedades físicas do solo e sua relação com a simulação do movimento de água no solo pelo modelo Soil and Water Assessment Tool (SWAT). O estudo foi realizado na pequena bacia hidrográfica do Arroio Lino, localizada em Agudo – RS. Foram analisadas as seguintes propriedades físicas: textura, densidade do solo e curva de retenção de água. Foram comparados os valores de capacidade de campo e de ponto de murcha permanente determinados em laboratório e estimados pelas equações do modelo SWAT. O modelo subestimou em cerca de 40% os valores de capacidade de campo e em quase 50% os valores de ponto de murcha permanente. Os resultados obtidos vêm servindo de base para subsidiar a modelagem hidrológica e sedimentologia na bacia.

Introdução

Para um efetivo controle da erosão é necessário avaliar os fatores que interagem na degradação do solo e da água em escala de bacia hidrográfica. Vários estudos têm sido feitos utilizando modelos matemáticos para prever as perdas de solo e a transferência de sedimentos e nutrientes devido ao uso e sistema de manejo utilizado e também para o planejamento ambiental.

O Soil and Water Assessment Tool (SWAT) é um modelo matemático desenvolvido pelo USDA/ARS e pela Texas A&M University. O SWAT simula o escoamento, sedimentos e qualidade da água, sendo uma ferramenta auxiliar na gestão ambiental de bacias hidrográficas.

A confiabilidade do resultado do modelo depende, sobretudo, da disponibilidade de dados representativos da área em estudo. Variações espaciais nos processos hidrológicos da bacia hidrográfica impactam diretamente nos processos erosivos e transporte de poluentes. Os resultados simulados com modelo SWAT para componentes hidrológicos como evapotranspiração e escoamento são em geral satisfatórios (Bonumá et al, 2010). Entretanto Cal et al., (2006) encontraram valores de umidade do solo simulada pelo SWAT cerca de 50% maior do que os valores medidos, os autores

atribuíram esses valores elevados devido a falta de representatividade das medidas das propriedades físicas do solo.

O objetivo desse trabalho foi avaliar as propriedades físicas do solo e sua relação com a simulação da água no solo pelo modelo SWAT em uma pequena bacia hidrográfica no sul do Brasil.

Material e Métodos

A. Local de estudo

A área de estudo é bacia hidrográfica rural do Arroio Lino, localizada no município de Agudo - RS, com 3,2 km² de área (Figura 1). A bacia do Arroio Lino localiza-se nas cabeceiras do rio Jacuí, principal afluente da Bacia do Guaíba. O relevo do local é fortemente ondulado a escarpado, com declividade média de 12%.

O clima é classificado, segundo Köppen, como Cfb, sub-tropical úmido com verões quentes, inverno com geadas frequentes e precipitação bem distribuída no ano, (Nimer, 1989). As principais classes de solos na bacia do Arroio Lino são Neossolo, Chernossolo, Cambissolo, Argissolo e Planossolo.

O local tem por características áreas declivosas e solos frágeis, onde há intensa exploração agrícola, principalmente com a cultura do fumo. O manejo do solo utilizado é parte no sistema tradicional e parte no sistema conservacionista.

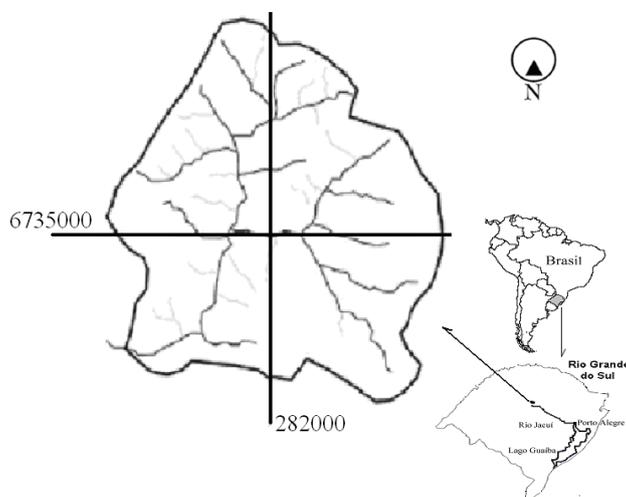


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do Arroio Lino, em Agudo - RS.

B. Modelo SWAT

O SWAT é um modelo em escala de bacia hidrográfica e sua aplicação requer a entrada dos dados na forma espacializada com o auxílio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Para a entrada de dados no modelo, necessita-se de informações topográficas, tipo de solos, uso do solo e clima. As principais propriedades físicas de solo necessárias são: textura, densidade do solo, capacidade de água disponível, condutividade hidráulica saturada e erodibilidade. Grande parte desses

dados já haviam sido obtidos na área de estudo, que está sob monitoramento desde 2001 (Dalmolin et al., 2004; Gonçalves & Rheinheimer, 2005; Kaiser, 2006; Pellegrini, 2006; Pellegrini et al., 2008; Sequinato, 2007). Os demais dados de entrada necessários foram obtidos por meio de coletas e análises de solo que foram realizadas durante o andamento dessa pesquisa.

São simulados os seguintes processos hidrológicos: interceptação, infiltração, redistribuição da água no solo, evapotranspiração e escoamentos sub-superficial e superficial. O SWAT simula o movimento de água no solo somente sob condições saturadas. O fluxo em meio saturado ocorre quando o conteúdo de água supera a capacidade de campo. O conteúdo de água que excede a capacidade de campo fica disponível para percolação, fluxo lateral ou drenagem.

No modelo SWAT (Neitsch et al., 2005), o ponto de murcha permanente é estimado por:

$$WP = 0,4 \frac{m_c \rho_b}{100}$$

em que: WP = ponto de murcha permanente (mm H₂O.mm solo⁻¹); m_c = argila (%); ρ_b = densidade do solo (Mg m⁻³).

A capacidade de campo é calculada a partir da capacidade de água disponível e do ponto de murcha permanente:

$$FC = WP + CAD$$

em que: FC = capacidade de campo (%); WP = ponto de murcha permanente (%); CAD = capacidade de água disponível (%).

C. Análises de solo

Os pontos de amostragem de solo na bacia foram distribuídos buscando abranger a variabilidade do local em relação às classes de solo, relevo e ocupação do solo (Tabela 1).

Tabela 1. Classes de solo ocupadas com lavoura e cobertura florestal na bacia hidrográfica rural Arroio Lino.

Classes de solo	Uso	Ocupação	Solo
Neossolo Litólico eutrófico chernossólico fase epipedregosa relevo montanhoso	Lavoura	Fumo	FN1
Neossolo Litólico eutrófico típico horizonte A moderado relevo forte ondulado	Lavoura	Fumo	FN2
Neossolo Quartzarênico órtico típico A moderado relevo suave ondulado	Floresta	Eucalipto	FC1
Chernossolo Argilúvico órtico léptico relevo suave ondulado	Lavoura	Fumo	FC2
Chernossolo Argilúvico órtico epiáquico relevo suave ondulado	Floresta	Mata	FC3
Chernossolo Háplico órtico típico fase epipedregosa relevo ondulado	Lavoura	Fumo	FP
Argissolo Amarelo eutrófico típico A moderado relevo suave ondulado	Floresta	Eucalipto	EM
Planossolo Háplico eutrófico típico A proeminente relevo plano a suave ondulado	Lavoura	Fumo	EA
Chernossolo Argilúvico órtico léptico fase epipedregosa relevo suave ondulado	Lavoura	Fumo	MC

Amostras com estrutura deformada foram coletadas para análise granulométrica (Embrapa, 1999) e para determinação da umidade do solo na tensão de 1500 KPa. Para avaliar a densidade e a

capacidade de campo, coletaram-se amostras com estrutura preservada, em cilindros metálicos com 0,057 m de diâmetro e 0,04 m de altura, na profundidade de 0,0 a 0,05 m.

A umidade do solo na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente foi considerada nas tensões de 10 KPa e 1500 KPa, respectivamente. No laboratório, as amostras foram saturadas, pesadas e submetidas à tensão de 10 kPa em coluna de areia para determinação da umidade na capacidade de campo, que consiste no conteúdo volumétrico de água da amostra equilibrada nessa tensão. Posteriormente, as amostras foram secas em estufa a 105 °C até peso constante para determinar a densidade do solo.

O ponto de murcha permanente foi determinado utilizando-se um psicrômetro (WP4, “Dewpoint potentiometer” da Campbell Scientific; Decagon Devices, 2000), para amostras com estrutura deformada. Após as determinações no psicrômetro, as amostras foram secas em estufa a 105 °C até peso constante, para se obter o teor de água à base de massa dos potenciais.

A capacidade de água disponível para as plantas foi calculada pela diferença entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente.

D. Análise estatística

Os resultados de capacidade de campo e de ponto de murcha permanente obtidos na mesa de tensão e no psicrômetro foram comparados aos obtidos pela estimativa do SWAT pelo teste t pareado, a 5 % de significância.

Resultados e discussão

A tabela 2 mostra os resultados das análises das propriedades físicas dos solos da bacia do Arroio Lino.

Tabela 2. Dados de entrada no modelo SWAT para a estimativa da Capacidade de Campo, do Ponto de Murcha Permanente e da Capacidade de Água Disponível.

Solo	Granulometria (g Kg ⁻³)					Densidade do Solo (Mg m ⁻³)
	Areia Total	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
FN1	548,9	428,4	120,5	343,7	107,4	1,12
FN2	430,2	360,0	70,3	422,6	147,1	1,03
FC1	854,1	840,6	13,6	94,7	51,2	1,41
FC2	469,1	329,5	139,5	417,5	113,4	1,03
FC3	742,9	722,0	20,9	162,4	94,7	1,16
FP	587,9	500,7	87,2	300,7	111,4	1,21
E-N	666,2	632,0	34,2	201,5	132,3	1,26
EA	485,5	448,7	36,8	217,6	296,9	1,19
MC	635,1	601,2	33,9	213,5	151,3	1,17

A tabela 3 mostra os valores de capacidade de campo e de ponto de murcha permanente determinados em laboratório e estimados pelas equações do modelo SWAT. Os valores calculados de capacidade de campo foram subestimados em cerca de 40% e os valores de ponto de murcha permanente em quase 50%. No modelo SWAT o fluxo em meio saturado ocorre quando o conteúdo de água supera a capacidade de campo. Desta maneira se a capacidade de campo for subestimada o armazenamento de água no solo também será subestimado e, provavelmente, os valores finais de escoamento e sedimentos simulados também serão alterados. Entretanto devido ao balanço hídrico dos componentes hidrológicos (evaporação, escoamento, armazenamento no solo e escoamento superficial e subsuperficial) e contribuição do escoamento de diferentes áreas da paisagem (encostas, vales, canais) existe uma compensação hidrológica nos resultados finais simulados pelo modelo (Cao et al., 2006). Portanto mesmo com uma diferença significativa entre os valores de capacidade de campo medidos e estimados pelo modelo e é possível que resultados finais de vazão e aporte de sedimentos simulados possam ser satisfatórios estatisticamente.

Tabela 3. Propriedades físicas do solo determinados em laboratório e estimados pelo modelo SWAT.

Solo	Capacidade de Campo (mm H ₂ O. mm solo ⁻¹)			Ponto de Murcha Permanente (mm H ₂ O. mm solo ⁻¹)			Capacidade de Água Disponível
	Mesa de tensão	SWAT	Pr > t	WP4	SWAT	Pr > t	
FN1	0,167	0,048	< 0,0001*	0,403	0,284	< 0,0001*	0,236
FN2	0,141	0,061	< 0,0001*	0,337	0,257	< 0,0001*	0,196
FC1	0,157	0,048	< 0,0001*	0,371	0,262	< 0,0001*	0,214
FC2	0,154	0,054	< 0,0001*	0,348	0,248	< 0,0001*	0,194
FC3	0,091	0,071	0,0004*	0,246	0,226	0,0004*	0,155
FP	0,227	0,141	< 0,0001*	0,426	0,340	< 0,0001*	0,199
E-N	0,034	0,029	0,0356*	0,196	0,191	0,0356*	0,162
EA	0,112	0,067	< 0,0001*	0,311	0,266	< 0,0001*	0,199
MC	0,078	0,044	< 0,0001*	0,276	0,242	< 0,0001*	0,198

* Diferença significativa ao nível de 5 % de significância.

Conclusões

Foram comparados os valores de capacidade de campo e de ponto de murcha permanente determinados em laboratório e estimados pelas equações do modelo SWAT. O modelo SWAT subestimou em cerca de 40% os valores de capacidade de campo e em cerca de 20% os valores de ponto de murcha permanente. Este trabalho está em andamento, nas próximas etapas buscar-se-á realizar simulações de escoamento e aporte de sedimentos com os valores de capacidade de campo e ponto de murcha permanente determinados em laboratório. E, desta forma, realizar a comparação dos resultados simulados com as equações do SWAT. Os resultados obtidos vêm servindo de base para subsidiar a modelagem hidrológica e sedimentologia na bacia. O conhecimento do efeito das propriedades físicas do solo na simulação da água no solo contribui para aumentar a confiabilidade dos resultados dos modelos.

Agradecimentos

Agradecemos aos pesquisadores da Texas A&M University e ao Dr Jeff Arnold e equipe (ARS/USDA) pelos esclarecimentos em relação ao SWAT. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas concedidas.

Literatura Citada

BONUMÁ, N.B. et al. Balanço hídrico e sua relação com a modelagem da produção de sedimentos em uma pequena bacia hidrográfica rural, Brasília, DF, 2010. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 2010, Brasília, DF. Anais... , 2010. v.1. 420p. p.236.

CAO, W. et al. Multi-variable and multi-site calibration and validation of SWAT in a large mountainous catchment with high spatial variability. Hydrol. Process. v.20, p.1057–1073, 2006.

DALMOLIN, R.S.D. et al. Levantamento semidetalhado de solos da microbacia do Arroio Lino - Município de Agudo (RS), 2004. Santa Maria – RS. 84p. (Relatório técnico).

DECAGON DEVICES, I. Operator's manual version 1.3 WP4 dewpoint potentiometer. Washington, Decagon, 2000. 70 p.

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p. (Embrapa-CNPS; 1).

GONÇALVES, C.S.; RHEINHEIMER, D. dos S. Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, v. 49, n. 3, p. 391-399, jul/set. 2005.

KAISER, D.R. Nitrato na solução do solo e na água de fontes para consumo humano numa microbacia hidrográfica produtora de fumo. 2006. 114f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

NEITSCH, S.L. et al. Soil and Water Assessment Tool - Theoretical Documentation: Version 2005. Temple, Blackland Research Center, Texas Agricultural Experiment Station, 2005. 494p.

NIMER, E. 1989. Climatologia do Brasil. 2.ed. Rio de Janeiro-RJ, IBGE - Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 442p.

PELLEGRINI, A. Sistemas de cultivo da cultura do fumo com ênfase às práticas de manejo e conservação do solo. 2006. 88f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

PELLEGRINI, J.B.R. et al. Adsorção de fósforo em sedimentos e sua relação com a ação antrópica. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, p. 2639-2646, out/dez. 2008.

SEQUINATTO, L. A insustentabilidade do uso do solo com fomicultura em terras declivosas. 2007.155f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.