

Estimativa das perdas de solo e deposição de sedimentos em uma sub-bacia sob processo de degradação ambiental

Carla Deisiane de Oliveira Costa ¹

Marlene Cristina Alves ²

Hélio Ricardo Silva ³

Antônio de Pádua Sousa ⁴

Antonio Paz González ⁵

José Manuel Mirás Avalos ⁶

¹ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul - UEMS

CEP - 79200-000 - Aquidauana - MS, Brasil

carladeisiane@uems.br

^{2,3} Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP/FE/IS

CEP - 15385-000 - Ilha Solteira - SP, Brasil

mcalves@agr.feis.unesp.br, hrsilva@agr.feis.unesp.br

⁴ Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP/FCA

CEP - 18610-306 - Botucatu - SP, Brasil

padua@fca.unesp.br

^{5,6} Universidade da Coruña - UDC

CP - 15001 – La Coruña, Espanha

tucho@udc.es, jmirasa@udc.es

Abstract. Soil loss and sediment deposition has been the main cause of environmental degradation in sub-basin river. This study aimed to estimate soil loss and sediment deposition in the sub-basin river Jardim Novo Horizonte in different precipitation events, in order to identify areas with higher susceptibility erosion using as a tool the model LISEM. The soils of the sub-basin river are the Oxisol and Alfisol Red-Yellow, both of medium texture. For the simulations was used the model LISEM, being collected data about rainfall intensity the years 2009-2012, ten events were selected with higher rainfall intensities for the study period. To obtain the required input parameters, soil samples were collected. These collections were made at ten sites along the sub-basin river, in the different forms of use and occupation of land, being six located in the Oxisol and four in the Alfisol. The production and deposition of sediment are related to surface runoff for all events analyzed, observing larger values for events with higher rainfall intensities. The locations indicated by the maps generated by the model as more susceptible to erosion processes correspond to the areas cultivated with pasture, and this is due to soil degradation and inadequate management of these areas. The LISEM model is efficient for locating areas susceptible to erosion processes in the sub-basin river studied.

Palavras-chave: water erosion, sediment production, siltation of waterways, degradation of natural resources.

1. Introdução

A erosão hídrica tem sido a principal causa da redução da capacidade produtiva dos solos, e, além disso, como efeito indireto, causam o assoreamento e a contaminação dos cursos de água, devido à produção, transporte e deposição de sedimentos. Desta maneira, estudos realizados com o objetivo de prever tais efeitos e mitigar as suas consequências têm recebido grande importância na comunidade científica, dentre estes citam-se os trabalhos desenvolvidos por Beskow et al. (2009), Martins et al. (2003) e Hessel et al. (2003).

De acordo com Martins et al. (2003), a avaliação das perdas de solo é de fundamental importância na adoção de práticas que visem minimizar a degradação do solo, uma vez que o

uso e a ocupação do solo, juntamente com as características topográficas e climáticas irão determinar o balanço sedimentar da bacia hidrográfica.

Além disso, de acordo com Moro (2011), a estimativa da produção de sedimentos, tanto na escala de pequenas como de grandes bacias, é uma informação de fundamental importância para auxiliar na gestão dos recursos naturais, especialmente para fins de qualidade dos cursos de água.

Os modelos de predição de perdas de solos e produção de sedimentos vêm sendo utilizados com o intuito de prever estes fenômenos em uma bacia, Hessel et al. (2003) e Hölzel & Diekkrüger (2012) utilizaram modelos hidrológicos para tal finalidade. De acordo com Merritt et al. (2003), existem inúmeros modelos para a estimativa de perdas de solos e produção de sedimentos, geralmente estes se distinguem em termos de complexibilidade, processos e parâmetros considerados, e dados requeridos para uso, calibração e validação do modelo, sendo que, a escolha do mais adequado dependerá da finalidade e das características da área de estudo.

Dentre os modelos que vem sendo utilizados, pode-se dar destaque ao LISEM (Limburg Soil Erosion Model). De acordo com De Roo et al (1996) e Jetten (2002), é um modelo conceitual, espacialmente distribuído, desenvolvido na Holanda. O modelo LISEM simula o escoamento superficial direto e o transporte de sedimentos após um evento de precipitação gerando além dos dados de perdas de solo e deposição, mapas pontuais dos locais com maior suscetibilidade aos processos erosivos, sendo uma importante ferramenta de estudo.

A sub-bacia Jardim Novo Horizonte apresenta grande importância, pois está localizada nas proximidades da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, Estado de São Paulo, esta região apresenta problemas ambientais, como erosão do solo e assoreamento dos rios, além da escassez de vegetação nativa. Todos estes problemas foram ocasionados pela falta de planejamento ambiental e pelo manejo inadequado dos recursos naturais desde a construção desta usina hidrelétrica.

Este trabalho teve por objetivo estimar as perdas de solo e a deposição de sedimentos na sub-bacia Jardim Novo Horizonte em diferentes eventos de precipitação, com o intuito de identificar as áreas com maior suscetibilidade à erosão utilizando como ferramenta o modelo LISEM.

2. Metodologia

O estudo foi realizado na sub-bacia hidrográfica Jardim Novo Horizonte, que está localizada no município de Ilha Solteira, noroeste do Estado de São Paulo. Esta sub-bacia possui área de 2.200 ha e altitude média de 320 m, e está localizada entre as coordenadas geográficas 20° 22' 45,17" e 20° 25' 47,68" de latitude Sul, e 51° 19' 9,66" e 51° 22' 7,17" de longitude Oeste de Greenwich.

A classificação climática da região, de acordo com Köppen, é Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. As médias anuais são 23° C de temperatura, 1.370 mm de precipitação pluvial e a umidade relativa do ar está entre 70 e 80 % (Vanzela, 2003). A vegetação original da região é de cerrado. Os solos mais representativos da sub-bacia são: Latossolo Vermelho distrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, representando 70 e 30 % da área total, respectivamente (Queiroz, 2008), ambos de textura média.

Com relação às classes de uso e de ocupação dos solos, de acordo com Queiroz (2008), aproximadamente 50 % do total da área estão ocupadas com pastagens, em pequenas percentagens, com apenas 3,82 % encontra-se com vegetação nativa, além disso, também em pequenas percentagens se encontram as culturas anuais (milho) e as culturas perenes (manga),

que juntas perfazem 10,8 %, uma pequena área com vegetação natural degradada, com 1,41%, e a área urbana, que representa 10,6 %.

Foram realizadas amostragens de solos para análise de algumas variáveis de entrada necessários ao modelo, como textura, condutividade hidráulica do solo saturado, porosidade e teor de água atual no solo. Estas amostragens foram realizadas em dez locais ao longo da sub-bacia, sendo seis localizados no Latossolo Vermelho distrófico e quatro no Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico. Os usos e ocupações amostrados no Latossolo foram: um local com a cultura da manga (M), quatro locais com pastagens (P₁, P₂, P₃ e P₄) e a cultura anual (CA) com solo preparado para a implantação da cultura do milho. No Argissolo os usos e ocupações foram: dois locais com pastagens (P_{arg1} e P_{arg2}), a cultura anual (CA_{arg}) com solo preparado para a implantação da cultura do milho e área com fragmento de mata (FM) que se encontra em uma área de transição entre o Argissolo e o Latossolo. Para cada uso e ocupação do solo, foram realizadas coletas, nas profundidades de 0,0 a 0,10 e de 0,10 a 0,20 m, e a avaliação da condutividade hidráulica saturada.

Para realizar as simulações foi utilizado o modelo LISEM, que simula para um evento de precipitação, as perdas de solo e o transporte de sedimentos. Os mapas de entrada básicos utilizados foram Modelo Digital de Elevação (MDE), Mapa de Uso do Solo, Mapa de Solo e Mapa de Drenagem, e por meio destes, foram feitos os demais mapas necessários como dados de entrada do modelo LISEM.

Os parâmetros de entrada analisados foram a condutividade hidráulica, o teor de água atual, o teor de água na saturação e o D₅₀ (diâmetro médio das partículas do solo). A tensão na frente de molhamento foi calculado através da fórmula proposta por Rawls et al. (1983), que leva em consideração a porosidade total, e os teores de areia e argila. Os outros parâmetros necessários como dados de entrada, referentes ao solo, como o coeficiente de Manning e a rugosidade relativa, e aqueles correspondente à vegetação, foram obtidos na literatura.

Os dados climáticos foram obtidos a partir da estação meteorológica da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP/FE/IS. Foram coletados dados de intensidade de precipitação entre os anos de 2009 a 2012, em intervalo de 30 min, sendo selecionados 10 eventos registrados, correspondendo aos períodos com maiores intensidades de precipitação, que estão descritos na Tabela 1. A intensidade de precipitação refere-se à intensidade máxima observada durante o evento selecionado.

Tabela 1. Eventos selecionados para as simulações para o período de 2009 a 2012

Eventos de precipitação	Intensidades de precipitação I (mm h⁻¹)	Precipitações totais (mm)	Durações (h)
15/01/2009	28,96	58,05	3,0
28/03/2009	23,47	42,41	5,0
10/12/2009	21,64	56,64	7,0
01/01/2010	26,67	62,26	10,0
20/05/2010	34,90	59,46	3,0
20/11/2010	27,74	73,94	6,0
08/03/2011	19,36	76,17	14,0
12/04/2011	23,62	72,89	5,0
12/03/2012	19,05	57,18	3,0
28/05/2012	106,68	384,09	8,0
Média		94,31	

3. Resultados e Discussão

Os maiores valores observados de escoamento superficial foram para o evento do dia 28/05/2012 (Tabela 2), que corresponde à maior intensidade de precipitação igual a 106,68 mm h⁻¹, e precipitação acumulada de 384,09 mm, com duração de 8 h. Observa-se que o escoamento superficial é dependente da intensidade e duração da precipitação e também da precipitação acumulada.

Tabela 2. Perdas de solos e deposição de sedimentos simulados pelo modelo LISEM.

Eventos de precipitação	Escoamento superficial (mm)	Desagregação pela gota de chuva	Desagregação pelo fluxo	Deposição de solo	Perda de solo
		(t ha ⁻¹)			
15/01/2009	28,88	0,21	47,93	44,83	3,31
28/03/2009	16,45	0,14	28,25	26,86	1,53
10/12/2009	23,47	0,17	37,86	35,50	2,53
01/01/2010	29,49	0,19	48,20	44,85	3,54
20/05/2010	33,16	0,22	57,90	53,93	4,19
20/11/2010	40,66	0,28	63,10	58,40	4,98
08/03/2011	26,05	0,21	40,70	38,55	2,36
12/04/2011	36,10	0,25	55,13	51,19	4,19
12/03/2012	26,22	0,20	40,00	37,41	2,79
28/05/2012	330,32	1,18	416,16	364,86	52,48
Média	59,08	0,31	83,52	75,64	8,19

Eventos referentes às maiores intensidades de precipitação para o período de 2009 a 2012.

Rodrigues (2011), utilizando o modelo LISEM para a simulação em uma pequena bacia localizada em Eldorado do Sul - RS, com área de 94,46 ha, com solos do tipo Argissolo, Cambissolo e Planossolo, cultivada com povoamentos de eucalipto e áreas de preservação permanente, observou para seis eventos analisados, uma média de escoamento superficial igual a 3,73 mm, sendo inferior ao valor encontrado para a sub-bacia Jardim Novo Horizonte, podendo ser atribuído à cobertura vegetal, em que predominam cobertura florestal.

Além disso, a sub-bacia Jardim Novo Horizonte possui maior área que a microbacia estudada por Rodrigues (2011), e, portanto, maior área de contribuição. O mesmo, avaliando os processos hidrológicos em uma bacia e sub-bacia, observou que o escoamento superficial foi maior para a bacia em relação à sub-bacia, e que estes resultados estão relacionados à área de contribuição das mesmas. De acordo com Silva Júnior et al. (2004), o escoamento oriundo de bacias menores tende a aflorar mais a jusante, proporcionando aumento no escoamento superficial nas bacias maiores.

Com relação aos eventos analisados, Rodrigues (2011) observou que o evento com maior precipitação total não resultou no maior escoamento superficial, e isso ocorreu devido a menor intensidade de precipitação e pelo seu maior tempo de duração, sendo possível perceber que as precipitações mais intensas e mais concentradas são as que geram maiores escoamentos.

A maior intensidade de precipitação, com 106,68 mm h⁻¹, ocasionou maior escoamento, devido promover menor infiltração, pois sob precipitações intensas o solo não consegue infiltrar toda a água precipitada. Além disso, a intensidade de precipitação influi na formação do selamento superficial, causado pelo impacto das gotas de chuva sobre a superfície do solo. Quanto mais intensa for a precipitação, maior será este risco, devido ao maior diâmetro das gotas e, conseqüentemente, maior energia cinética.

De acordo com Pruski (2010), a energia cinética das gotas de chuva tem sido a variável mais comumente associada com a formação do selamento superficial. Bertoni & Lombardi Neto (2010) afirmam que, as gotas de chuva causam uma ação de compactação ao solo, causando rapidamente a perda de sua capacidade de infiltrar água, e isso ocasiona grande volume de enxurrada durante as chuvas mais intensas. Os mesmos salientam que, o volume e a velocidade do escoamento dependem da intensidade, duração e frequência da precipitação, sendo a intensidade o fator pluviométrico mais importante na erosão.

Para a desagregação, perdas de solo e deposição de sedimentos estimados pelo modelo LISEM, observam-se maiores valores para o evento do dia 28/05/2012 (Tabela 2), sendo o mesmo evento em que foram observados os maiores valores de escoamento superficial. Verificou-se em todos os eventos que o processo de erosão dominante na vertente da sub-bacia é a desagregação pelo fluxo, devido aos maiores valores observados em relação à desagregação pelo impacto de gotas de chuva. A desagregação média pelas gotas de chuva observada para os 10 eventos foi de $0,31 \text{ t ha}^{-1}$, e a desagregação média gerada pelo fluxo foi de $83,52 \text{ t ha}^{-1}$.

Moro (2011), também observou que ocorreu maior desagregação pelo fluxo. O mesmo observou uma média de $0,25 \text{ t ha}^{-1}$ para a desagregação pela gota de chuva e $16,86 \text{ t ha}^{-1}$ pelo fluxo. Takken et al. (1999) utilizando o modelo LISEM para a simulação em uma pequena bacia localizada na Bélgica com área de 290 ha, com solos siltosos cultivada com culturas anuais e hortaliças, com pequenas áreas de floresta e pastagem, também observaram uma desagregação pela gota de chuva maior em relação à desagregação pelo fluxo, sendo igual a $0,43$ e $37,97 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente.

Os resultados observados indicam que os agregados dos solos da sub-bacia Jardim Novo Horizonte são estáveis, devido principalmente à presença de pastagens, que representam 50 % da área da sub-bacia, o que ocasionou menores valores de desagregação pelo impacto da gota de chuva, pois a maior estabilidade dos agregados proporciona maior resistência ao impacto das gotas. De acordo com Nunes & Cassol (2008), a ação de resistência à desagregação está relacionada com fatores que conferem a estabilidade dos agregados do solo. O uso e o manejo adequados constituem o principal meio de aumentar sua resistência à erosão, uma vez que eles impõem condições físicas à superfície do solo que irão interferir na ação dos agentes erosivos (Volk et al., 2004).

Com relação às perdas de solo, o valor médio observado para a sub-bacia Jardim Novo Horizonte foi de $8,19 \text{ t ha}^{-1}$. Takken et al. (1999) observaram uma perda de solo de $38,41 \text{ t ha}^{-1}$, Hessel et al. (2003) observaram perda de solo de $43,22 \text{ t ha}^{-1}$ e Moro (2011) observou perda de solo igual a $17,06 \text{ t ha}^{-1}$. Hessel et al. (2006), estudando duas microbacias, observaram menores valores de perda de solo, de 580 e 85 kg ha^{-1} , respectivamente.

Moro (2011) classificou as perdas de solo para cada evento analisado pelo modelo LISEM, sendo considerado que, perdas de solo menor que 1 t ha^{-1} é baixa, de 1 a 10 t ha^{-1} é média, de 10 a 100 t ha^{-1} é alta, e maior que 100 t ha^{-1} é muito alta. Considerando esta classificação, observa-se para as perdas de solo da sub-bacia Jardim Novo Horizonte, que estas foram médias para nove dos dez eventos analisados, e alta para o evento do dia 28/05/2012. Esta alta perda de solo, observada para este evento, corresponde ao dia com maior escoamento superficial, desagregação pelo impacto da gota de chuva e pelo fluxo, sendo o evento com maior intensidade de precipitação e maior precipitação acumulada.

Para a deposição, foi observado para a sub-bacia Jardim Novo Horizonte, um valor médio igual a $75,64 \text{ t ha}^{-1}$. Takken et al. (1999) observaram um valor de deposição de $17,46 \text{ t ha}^{-1}$. Moro (2011) observou um valor de deposição de $11,85 \text{ t ha}^{-1}$. Hessel et al. (2003) observaram valor de deposição igual a $45,05 \text{ t ha}^{-1}$. De acordo com a classificação de Moro (2011), observa-se que a deposição de sedimentos na sub-bacia Jardim Novo Horizonte, foram altas

para nove dos dez eventos analisados, e muito alta para o evento do dia 28/05/2012, correspondendo aos maiores valores de desagregação dos solos ocorridas neste evento.

Observa-se para a sub-bacia estudada alta deposição mesmo para os eventos de baixa intensidade de precipitação, confirmando o fato do assoreamento dos cursos de água. Verifica-se que, a maior parte dos solos perdidos pela erosão ficam depositados nos leitos dos cursos de água da sub-bacia durante o transporte, e pequena parte continua sendo transportado, o que caracteriza o estado de assoreamento dos seus corpos de água

Na Figura 1 são apresentados os mapas de perdas de solo e deposição de sedimentos da sub-bacia Jardim Novo Horizonte. De acordo com os mapas, pode-se observar que, os processos erosivos ocorrem em regiões próximas aos cursos de água, e que a deposição predominou no canal fluvial e nas áreas próximas a este. Moro (2011) também observou que, os mapas distribuídos de perdas de solo e deposição de sedimentos indicaram que os valores mais elevados estão próximos ao canal fluvial.

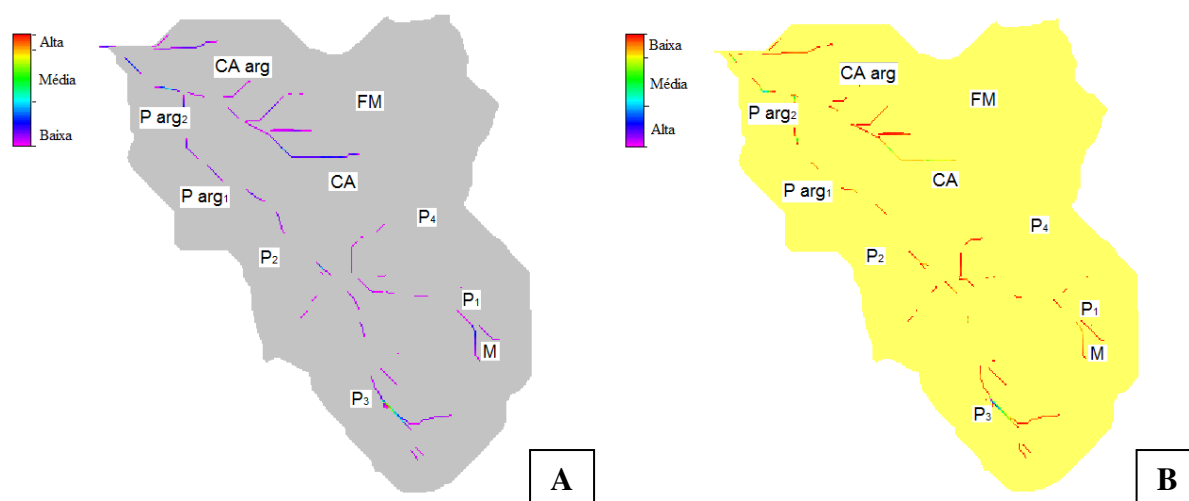


Figura 1. Mapa de perdas de solo (A) e de deposição de sedimentos (B) simulados pelo modelo LISEM. *Legenda - Latossolo: M = Cultura da manga, P₁, P₂, P₃ e P₄ = Pastagem, e CA = Cultura anual. Argissolo: FM = Área com fragmento de mata, P_{arg1} e P_{arg2} = Pastagem e CA_{arg} = Cultura anual.

Para todos os eventos, os processos que causam baixas perdas de solo ocorrem em toda a sub-bacia, os que causam médias perdas de solo ocorrem em pequenas áreas próximas à foz no Argissolo. Na parte superior, no Latossolo, nas proximidades da nascente ocorrem entre média e alta perda de solo. No geral, a sub-bacia Jardim Novo Horizonte apresentou entre baixa e média perda de solo.

Observa-se que o mapa de deposição apresentou semelhanças com o mapa de perdas de solos, sendo a deposição baixa na maior parte da sub-bacia, entre média e alta em pequenas áreas próximas à foz, e alta na parte superior próxima a nascente. Assim como para as perdas de solo, a sub-bacia Jardim Novo Horizonte apresentou valores de deposição entre baixa e média.

Estes pontos com média e alta perdas de solo e deposição de sedimentos correspondem às áreas cultivadas com pastagens, e isso ocorre devido à degradação da pastagem e manejo inadequado destas áreas. Com isso observa-se a necessidade de adoção de medidas quanto ao manejo destas áreas, uma vez que as pastagens representam 50 % da área total da sub-bacia.

Com relação à utilização do modelo LISEM, este havia sido utilizado por outros autores em pequenas bacias, até o momento, dentre estes citam-se Moro (2011), Rodrigues (2011) e Gomes (2008), não havendo relatos de sua utilização em bacias maiores.

A utilização do modelo na sub-bacia Jardim Novo Horizonte foi satisfatória, pois os resultados obtidos estão coerentes com o que foi observado durante as coletas de campo. Além disso, os mapas gerados pelo modelo apontaram de forma adequada e coerente os locais suscetíveis aos processos erosivos, podendo-se afirmar que este é uma importante ferramenta para estudos diagnósticos de degradação ambiental em bacias hidrográficas, devido refletir resultados para um evento isolado de precipitação.

4. Conclusões

As perdas de solo e a deposição de sedimentos estão relacionadas com o escoamento superficial em todos os eventos analisados, observando-se maiores valores para os eventos com maiores intensidades de precipitação.

Os locais apontados pelos mapas gerados pelo modelo como mais suscetíveis a processos erosivos correspondem às áreas cultivadas com pastagens, e isso ocorre devido à degradação do solo e manejo inadequado destas áreas.

O modelo LISEM se mostrou eficiente para a localização de áreas suscetíveis aos processos erosivos na sub-bacia estudada.

Referências Bibliográficas

- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 7. ed. São Paulo: Editora Ícone, 2010. 355 p.
- BESCOW, S.; MELLO, C.R.; NORTON, L.D.; CURI, N.; VIOLA, M.R.; AVANZINI, J.C. Soil erosion prediction in the Grande River Basin, Brazil using distributed modeling. **Catena**, v.79, p.49-59, 2009.
- DE ROO, A.P.J.; WESSELING, C.G.; RITSEMA, C.J. LISEM: a single-event physically based hydrological and soil erosion model for drainage basins. I: Theory, input and output. **Hydrological Processes**, v.10, p.1107-1117, 1996.
- GOMES, N.M. **Aplicação do LISEM (Limburg Soil Erosion Model) para simulação hidrológica em bacia hidrográfica tropical**. 2008. 191 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.
- HESSEL, R.; MESSING, I.; LIDING, C.; RITSEMA, C.; STOLTE, J. Soil erosion simulations of land use scenarios for a small Loess Plateau catchment. **Catena**, v.54, p.289-302, 2003.
- HESSEL, R.; BOSCH, R.V.D. & VIGIAK, O. Evaluation of the LISEM soil erosion model in two catchment in the East African Highlands. **Earth Surface Process Landform**, v.31, p.469-486, 2006.
- HÖLZEL, H.; DIEKKRÜGER, B. Predicting the impact of linear landscape elements on surface runoff, soil erosion, and sedimentation in the Wahnbach catchment, Germany. **Hydrological processes**, v.26, p.1642-1654, 2012.
- JETTEN, V. **LISEM user manual, version 2.x**. Netherlands: Utrecht University, 2002. 48 p.
- MARTINS, S.G.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; FONSECA, S.; MARQUES, J.J.G.S.M. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.395-403, 2003.
- MERRITT, W.S.; LETCHER, R.A.; JAKEMAN, A.J. A review of erosion and sediment transport models. **Environmental Model & Software**, v.18, p.761-799, 2003.
- MORO, M. **Avaliação do modelo LISEM na simulação dos processos hidrossedimentológicos de uma pequena bacia rural localizada nas encostas basálticas do Rio Grande do Sul**. 2011. 123 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- NUNES, M.C.M.; CASSOL, E.A. Estimativa da erodibilidade em entressulcos de Latossolos no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2839-2845, 2008.
- PRUSKI, F.F. **Conservação do solo e da água: práticas mecânicas para o controle de erosão hídrica**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2010. 279 p.
- QUEIROZ, H. A. **Caracterização fisiográfica e de alguns atributos físicos e químicos dos solos da microbacia Jardim Novo Horizonte, em Ilha Solteira, SP**. 2008. 61 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 2008.
- RAWLS, W.J.; BRAKENSIEK, D.L.; SONI, B. Agricultural management effects on soil water process Part I: Soil water retention and green and ampt infiltration parameters. **Transactions American Society Agricultural Enginner**, v.26, p.1747-1752, 1983.

RODRIGUES, M.F. **Monitoramento e modelagem dos processos hidrossedimentológicos em bacias hidrográficas florestais no sul do Brasil**. 2011. 202 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

SILVA JÚNIOR, O.B.; TUCCI, C.E.M.; CASTRO, N.M.R.; GOLDENFUM, J.A. Efeito do uso de solo nos eventos de cheia em micro e meso escalas: bacia do Potiribu. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.9, p.153-164, 2004.

TAKKEN, I.; BEUSELINCK, L.; NACHTERGAELE, J.; GOVERS, G.; POESEN, J.; DEGRAER, G. Spation evaluation of a physically-based distributed erosion model (LISEM). **Catena**, v.37, p.431-447, 1999.

VANZELA, L.S. Caracterização da microbacia do cinturão verde de Ilha Solteira – para fins de irrigação. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 32, 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia, Sbea, 2003. Artigos, CD/ROM.

VOLK, L.B.S.; COGO, N.P.; STRECK, E.V. Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.763-774, 2004.