

Produção e deposição de sedimentos em uma sub-bacia hidrográfica localizada no Estado de Mato Grosso do Sul

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 degradation brings as consequence the erosion, causing siltation and contamination of water courses. This study aimed to estimate soil loss and sediment deposition in the sub-basin river Dois Córregos, in order to identify areas with higher susceptibility to these processes, using as a tool the model LISEM. The soils of the sub-basin river are the Red Oxisol and Red-Yellow Alfisol, both sandy texture. For the simulations was used the model LISEM, being collected data of rainfall intensity between the years 2009-2012. Ten events were selected with higher rainfall intensities for the study period. To obtain the required input parameters, were collected soil samples. These collections were made at ten sites along the sub-basin river, in the different forms of soil use and occupation, being eight located in the Oxisol and two in the Alfisol. The eucalyptus provides protection to the soils sub-basin river Dois Córregos. The produced sediments are deposited in the river beds of the sub-basin river, causing the silting of waterways. The LISEM model is efficient for locating the areas susceptible to erosion processes in the sub-basin river studied, however, on the quantification of soil loss, does not simulate the runoff subsurface, which may have underestimated these processes.

Palavras-chave: environmental degradation, soil loss, erosion, siltation of waterways.

1. Introdução

A degradação do solo em uma bacia hidrográfica traz como consequência a erosão, causando o assoreamento e a contaminação dos cursos de água. O uso intensivo do solo deixa-o mais suscetível a processos erosivos e, conseqüentemente, ao escoamento superficial e a produção de sedimentos, por isso, as práticas de manejo adotadas são de grande importância para a conservação do solo e da água.

As perdas de solo em bacias hidrográficas têm como principal causa o seu manejo inadequado, sendo os principais contribuintes para esses processos as práticas agrícolas intensivas, a falta de manejo em áreas cultivadas com pastagens e o desmatamento. 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.

A sub-bacia Dois Córregos apresenta problemas ambientais, como erosão do solo e o 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. A área onde se encontra a nascente da sub-bacia Dois Córregos apresenta processos erosivos em estágio avançado, que levaram a formação de uma voçoroca e alguns leitos secos, consequência do manejo inadequado das áreas cultivadas com pastagens.

Nesse sentido, observa-se a importância dos estudos realizados nesta sub-bacia, visando quantificar as perdas de solo pelo escoamento superficial, e a deposição de sedimentos, para que se possa tomar medidas de manejo e conservação do solo nas áreas suscetíveis e minimizar tais problemas.

A modelagem hidrológica é uma importante ferramenta em estudos diagnósticos de perdas de solo e deposição de sedimentos. Estes modelos vêm sendo utilizados com o intuito de prever estes fenômenos em uma bacia, Hessel et al. (2003) 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, o 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), 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.

Este trabalho teve por objetivo avaliar as perdas de solo e a deposição de sedimentos na sub-bacia Dois Córregos, com o intuito de identificar as áreas com maior suscetibilidade a estes processos, utilizando como ferramenta o modelo LISEM.

2. Metodologia

A sub-bacia Dois Córregos está localizada no município de Selvíria no Estado de Mato Grosso do Sul, possui 2.636 ha de área, situa-se entre as coordenadas geográficas 20° 12' 26,41" e 20° 16' 28,32" de latitude Sul, 51° 43' 15,18" e 51° 49' 26,3" de longitude Oeste de Greenwich, e altitude média de 335 m. 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 de 24,5° C de temperatura, 1.232 mm de precipitação pluvial, e a umidade relativa do ar de 64,8 % (Hernandez et al., 1995). A vegetação original da região é de cerrado.

Esta região apresenta degradação ambiental, há um processo intensivo de degradação dos solos, o que levou a formação de uma voçoroca, com 50 m de profundidade em alguns pontos e assoreamento dos canais de drenagem, possuindo vários leitos secos. Além disso, apresenta outra voçoroca em formação em área cultivada com pastagens degradadas. O processo de assoreamento na foz da sub-bacia também tem sido observado nos últimos anos.

Os solos de maior ocorrência da sub-bacia Dois Córregos, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), são o Latossolo Vermelho distrófico e o Argissolo Vermelho distrófico. Com relação às classes de uso e ocupação dos solos, a sub-bacia Dois Córregos é ocupada em 50 % por eucalipto, apresentando pequenas áreas com pastagens e vegetação nativa.

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. Estas amostragens foram realizadas em dez locais ao longo da sub-bacia, sendo oito localizados no Latossolo Vermelho distrófico e dois no Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico. Os usos e ocupações amostrados foram três locais com pastagem (P_1 , P_2 , P_3), sendo (P_1) e (P_3) no Argissolo e (P_2) no Latossolo, três locais com eucalipto de 5 anos (E_1 , E_2 , E_3), e quatro locais com eucalipto aos 6 meses recém-transplantado (EN_1 , EN_2 , EN_3 , EN_4), todos localizados no 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 do solo saturado.

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 D_{50} (diâmetro médio das partículas do solo). A tensão na frente de molhamento foi calculada 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

O maior valor de escoamento superficial foi observado para o evento do dia 28/05/2012, com 233,69 mm (Tabela 2). Observam-se baixos valores de escoamento superficial para os outros eventos.

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 (t ha ⁻¹)	Deposição de solo	Perda de solo
15/01/2009	1,47	0,79	0,67	1,46	0,00
28/03/2009	0,01	0,40	0,01	0,41	0,00
10/12/2009	0,12	0,57	0,11	0,68	0,00
01/01/2010	3,04	0,79	1,66	2,44	0,01
20/05/2010	4,29	0,89	3,19	4,08	0,00
20/11/2010	4,15	1,10	2,86	3,96	0,00
08/03/2011	0,73	0,57	0,23	0,80	0,00
12/04/2011	2,36	0,96	1,03	1,98	0,01
12/03/2012	0,05	0,47	0,02	0,49	0,00
28/05/2012	233,69	7,37	360,31	353,40	14,30
Média	24,99	1,39	37,01	36,97	1,43

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

O escoamento superficial médio observado para os 10 eventos foi de 24,99 mm, sendo maior que os valores observados por Gomes (2008) e Moro (2011), de 1,86 e 3,73 mm, respectivamente. A sub-bacia Dois Córregos possui maior área que as microbacias citadas, e, portanto, maior área de contribuição. Rodrigues (2011) 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.

Para que ocorra escoamento superficial, a intensidade de precipitação tem que ser maior que a capacidade de infiltração de água do solo, como os solos da sub-bacia Dois Córregos apresentam boa permeabilidade, os eventos analisados geraram baixo escoamento superficial, devido estes apresentarem intensidade de precipitação abaixo ou próxima à capacidade de infiltração do solo. De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (2010), os solos arenosos, com espaços porosos grandes, durante uma precipitação de pouca intensidade, pode absorver toda a água, não havendo nenhum dano. Por isso, apesar da degradação de algumas propriedades físicas dos solos da sub-bacia Dois Córregos, esta apresentou baixos valores de escoamento superficial, devido a boa permeabilidade dos solos, e, além disso, a implantação do eucalipto na área próxima à voçoroca há 5 anos, que estabilizou os processos erosivos que ocorriam naquela área.

Para a desagregação, perdas de solos e deposição de sedimentos estimados pelo modelo LISEM, observa-se que os maiores valores foram para o evento do dia 28/05/2012 (Tabela 2), assim como observado para o escoamento superficial. A desagregação média pelas gotas de chuva observada para os 10 eventos foi de 1,39 t ha⁻¹, e para a desagregação média pelo fluxo foi observado valor de 37,01 t ha⁻¹. Para os eventos dos dias 15/01/2009, 28/03/2009, 10/12/2009, 08/03/2011 e 12/03/2012, o processo de erosão dominante na vertente da sub-bacia estudada foi a desagregação pelas gotas de chuva, devido aos maiores valores em

relação à desagregação pelo fluxo, correspondendo aos eventos com menores intensidades de precipitação. Nos outros eventos a desagregação pelo fluxo foi dominante.

Nestes eventos de menores intensidades de precipitação e curta duração a desagregação pelas gotas de chuva é maior, mas à medida que aumenta a precipitação acumulada e a intensidade de precipitação, a desagregação causada pelo fluxo tende a predominar, devido ao aumento na taxa de desagregação das partículas de solo, aumentando o volume e a velocidade do fluxo, e assim, maior desagregação causada por este. Além disso, ocorre a saturação da camada superficial do solo diminuindo assim, a infiltração de água, e conseqüentemente, aumentando o escoamento superficial. De acordo com Oliveira et al. (2005), o impacto das gotas que ocorre na fase inicial da erosão hídrica, fornece energia cinética capaz de desestruturar as partículas de solo, mas possui baixa capacidade de transporte de sedimentos. A segunda fase da erosão hídrica é marcada pela remoção de camada superficial do solo, sendo esta associada ao escoamento superficial, que possui pequena capacidade de desestruturação e alta capacidade de transporte.

Estes maiores valores observados para a desagregação pelas gotas de chuva é devido a cobertura do solo, pois a sub-bacia Dois Córregos é ocupada em sua maior parte por eucalipto, cerca de 50 % do total de sua área, sendo 4 locais com eucalipto recém transplantado, o que proporcionou uma menor cobertura, pois o solo havia sido recém preparado e as plantas estão em estágio inicial de desenvolvimento. De acordo com Pruski (2010), em áreas com menor cobertura vegetal, a maior parte da desagregação ocorre pelo impacto das gotas das chuvas, sendo a quantidade de solo desestruturado aumentada com a intensidade da precipitação, a velocidade e o tamanho das gotas. Além disso, Silva et al. (2011) analisando diferentes sistemas de manejo observaram que, os sistemas com eucalipto apresentaram perdas de solo maiores nos primeiros anos de sua implantação, decrescendo durante os anos, assim, períodos iniciais após o plantio são mais críticos devendo-se ter maiores cuidados com o manejo do solo nesse período.

Para as perdas de solo, foi observada uma média de $1,43 \text{ t ha}^{-1}$, sendo o maior valor observado para o evento do dia 28/05/2012, com $14,30 \text{ t ha}^{-1}$. Hessel et al. (2003), Takken et al. (1999) e Moro (2011) observaram perdas de solo maiores, de 43,22; 39 e $17,06 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente. Hessel et al. (2006) estudando duas microbacias, observaram menores valores de perdas de solo, de 580 e 85 kg ha^{-1} , respectivamente.

As maiores perdas de solo observadas para o evento do dia 28/05/2012 é consequência do maior escoamento superficial, desagregação pelas gotas de chuva e pelo fluxo. De acordo com a classificação de Moro (2011), as perdas de solo observadas para os solos da sub-bacia Dois Córregos foi alta para o evento do dia 28/05/2012. Para os eventos dos dias 01/01/2010 e 12/04/2011 foram muito baixas, abaixo de 1 t ha^{-1} , e para os outros eventos não houve perdas de solo. Além disso, a mesma é ocupada em maior parte por eucalipto, Martins et al. (2003), observaram menores perdas de solo para o eucalipto quando comparadas à outros cultivos. Os mesmos complementam que, isso ocorre devido à proteção que este uso proporciona ao solo, interceptando as gotas de chuva pela copa e também pela serapilheira, e ao menor revolvimento do solo, e estas perdas de solo diminuem com o avanço da idade das plantas.

Silva et al. (2011) observaram que, os usos pastagem e eucalipto foram favoráveis no controle da erosão hídrica, sendo a pastagem menos eficiente que o eucalipto na redução das perdas de solo, contudo, mais promissora na retenção e infiltração de água. Pires et al. (2006) avaliando diferentes sistemas de manejo de uma floresta de eucalipto, observaram que todos os sistemas de manejo de eucalipto apresentaram perdas de solo muito inferiores ao valor limite de tolerância.

Com relação à deposição de sedimentos, foi observado um valor médio igual a $36,97 \text{ t ha}^{-1}$, sendo o maior valor observado para o evento do dia 28/05/2012, de $353,40 \text{ t ha}^{-1}$, devido aos maiores valores de desagregação dos solos observados para este evento. Hessel et al.

(2003), Takken et al. (1999) e Moro (2011), observaram valores médios de deposição de sedimentos igual a 45,05; 17,46 e 11,85 t ha⁻¹ respectivamente.

De acordo com a classificação de Moro, para quatro eventos, dos dias 28/03/2009, 10/12/2009, 08/03/2011 e 12/03/2012 a deposição foi baixa. Para cinco eventos foi média, nos dias 15/01/2009, 01/01/2010, 20/05/2010, 20/11/2010 e 12/04/2011. E para o evento do dia 28/05/2012 foi classificada como muito alta. Assim, verifica-se que a maior parte da produção de sedimentos gerados pela desagregação ficam depositados nos leitos dos cursos de água, sendo pequena parte perdida para fora dela.

Foi observada baixa produção de sedimentos para a maioria dos eventos, somente para o evento com maior intensidade de precipitação, com 106,68 mm h⁻¹, a produção de sedimentos foi maior. A sub-bacia Dois Córregos é vegetada em sua maior parte com eucalipto, o que propiciou maior estabilidade para os solos desta área, refletindo nos menores valores observados. Com isso, observa-se que a implantação de eucalipto na área proporcionou estabilização aos processos erosivos, pois estes estão menos intensos, apesar disso, o processo de deposição ainda é preocupante, devido todo o solo perdido ficar depositado nos leitos, podendo proporcionar mais leitos secos na região.

Na Figura 1 estão os mapas de perdas de solo e de deposição de sedimentos da sub-bacia Dois Córregos. Observam-se para todos os eventos que as áreas mais suscetíveis aos processos erosivos são as regiões próximas aos cursos de água. Verifica-se que o processo de deposição predominou no canal fluvial e nas áreas próximas a ele.

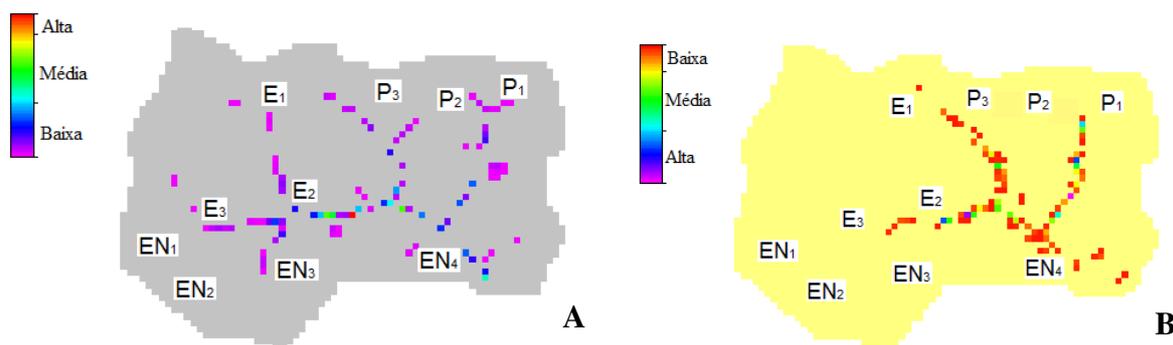


Figura 1. Mapas de perdas de solo (A) e de deposição de sedimentos (B) dos resultados simulados pelo modelo LISEM. *Legenda - Latossolo: P₂ = Pastagem, E₁, E₂ e E₃ = Eucalipto aos 5 anos, EN₁, EN₂, EN₃ e EN₄ = Eucalipto aos 6 meses. Argissolo: P₁ e P₃ = Pastagem.

Foi observada baixa perda de solo na maior parte da sub-bacia (Figura 1A), e em pequeno ponto próximo à foz a perda de solo observada foi média, e entre média e alta, em pequenos pontos, à jusante da área cultivada com eucalipto (E₂) no Latossolo, próximo à voçoroca. Como observado no mapa (Figura 1B), a deposição foi baixa na maior parte da sub-bacia, média e alta em alguns pontos próximos à pastagem (P₁) no Argissolo e ao eucalipto (E₂) no Latossolo.

Observa-se que a área próxima ao eucalipto (E₂) no Latossolo, as perdas de solo são baixas, porém segue o traçado ramificado da voçoroca (Figura 2A). Esta baixa perda de solo apontada no mapa é devido ao eucalipto, pois a implantação deste melhorou as condições do solo, proporcionando menores perdas de solo para este local. Para a área cultivada com a pastagem (P₁) foi observado durante as coletas de campo, erosão laminar e em sulcos em diversos pontos. No mapa de perdas de solo, este local está classificado como baixa perda de solo, mas devido o manejo inadequado da pastagem, a erosão está ocorrendo. Verificou-se que, durante as coletas de campo, na região entre as pastagens (P₁) e (P₂) há uma voçoroca,

este local foi identificado pelo mapa de perdas de solo (Figura 2B), também sendo classificado como baixa perda de solo.

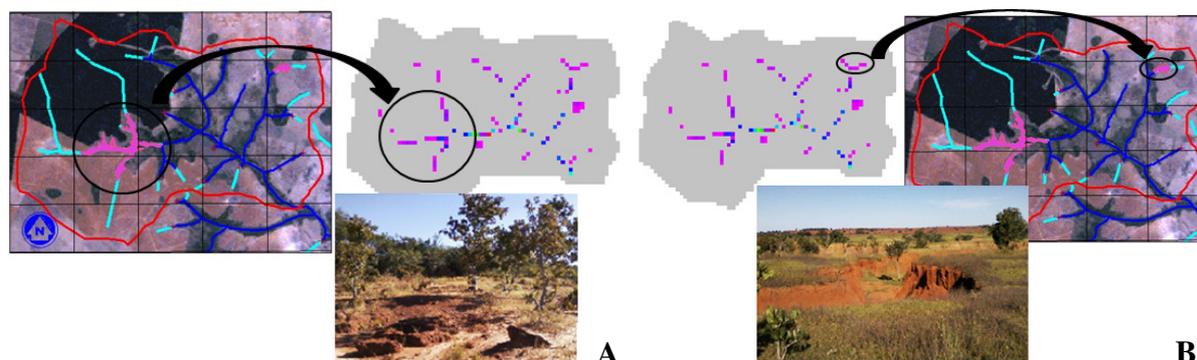


Figura 2. Voçoroca apontada pelo mapa de perdas de solo, e aspecto do ambiente dentro da voçoroca (A). Voçoroca presente entre as pastagens (P_1) e (P_2), e o local apontado no mapa (B).

Diante disso, observa-se que, mesmo uma área que não apresenta suscetibilidade, se manejada de forma incorreta os processos erosivos iniciam. De acordo com Moro (2011), solos mal manejados possibilitam a ocorrência de processos erosivos severos.

A sub-bacia Dois Córregos apresentou baixos valores de perdas de solo para os eventos analisados, vale ressaltar que, estes resultados levam em consideração somente o escoamento superficial. De acordo com Valentin et al. (2005), a erosão resulta não só do escoamento superficial, mas também do fluxo de subsuperfície. Para Rodrigues (2000), as voçorocas são fenômenos de evolução complexa, em que tanto os fluxos superficiais quanto os subsuperficiais, bem como os diversos tipos de movimentos de massa podem atuar isolada ou conjuntamente na sua formação e evolução. Baccaro e Silva (1997) constataram a contribuição dos fluxos subsuperficiais no desencadeamento e avanço das frentes de erosão por voçorocamento.

Como já relatado, o modelo LISEM não simula o escoamento subsuperficial, sendo uma limitação para analisar as perdas de solo da sub-bacia Dois Córregos, uma vez que, devido às características do solo desta, este escoamento tenha contribuído para a formação das voçorocas presentes na área. Devido a este fato, o modelo LISEM pode não haver simulado de forma adequada os processos erosivos, pois o escoamento subsuperficial pode ter contribuído de forma significativa para as perdas de solo nesta área, não sendo levado em consideração nestas condições.

Para os mapas de perdas de solo e deposição de sedimentos gerados pelo modelo, estes apontaram os locais suscetíveis à erosão de forma adequada, pois foram coerentes com as observações de campo. O modelo LISEM foi uma ferramenta de grande importância para a localização das áreas suscetíveis aos processos erosivos na sub-bacia Dois Córregos, porém para a quantificação das perdas de solos, devido este não simular o escoamento subsuperficial, o mesmo pode ter subestimado estes processos.

4. Conclusões

O eucalipto propicia proteção aos solos da sub-bacia Dois Córregos.

Os sedimentos produzidos ficam depositados nos leitos da sub-bacia, ocasionando o assoreamento dos cursos de água.

O modelo LISEM se mostrou eficiente para a localização de áreas suscetíveis aos processos erosivos na sub-bacia estudada, porém, quanto à quantificação das perdas de solo, não simula o escoamento subsuperficial, o que pode ter subestimado estes processos.

Referências Bibliográficas

- BACCARO, C.A.D.; SILVA, E.P. Os processos de voçorocamento na bacia do ribeirão Douradinho. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 7, 1997, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 1997. Artigos, CD-ROM.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 7. ed. São Paulo: Editora Ícone, 2010. 355p.
- 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. **Hydrology 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.
- HERNANDEZ, F.B.T.; LEMOS FILHO, M.A.F.; BUZZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: UNESP/FE/IS – Área de Hidráulica e Irrigação, 1995. 45p. (Série Irrigação, 01).
- 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 Processes Land.**, v.31, p.469-486, 2006.
- MARTINS, S.G.; SILVA, M.L.N.; CURTI, 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.
- OLIVEIRA, L.F.C.; MARTINEZ, M.A.; PRUSKI, F.F. Rotina computacional para a determinação da velocidade de sedimentação das partículas do solo em suspensão no escoamento superficial. **Engenharia Agrícola**, v.25, p.126-136, 2005.
- PIRES, L.S.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; LEITE, F.P.; BRITO, L.F. Erosão hídrica pós plantio em florestas de eucalipto na região centro-leste de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.687-695, 2006.
- PRUSKI, F.F. **Conservação do solo e da água: práticas mecânicas para o controle de erosão hídrica**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2010. 279 p.
- 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 Engineer**, v.26, p.1747-1752, 1983.
- RODRIGUES, T.T. **Caracterização e Erodibilidade dos solos de uma voçoroca na região de Ouro Preto, Minas Gerais**. 2000. 120 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.
- 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.
- SILVA, M. A.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; AVANZINI, J. C.; LEITE, F. P. Sistemas de manejo em plantios florestais de eucalipto e perdas de solo e água na região do Vale do Rio Doce, MG. **Ciência Florestal**, v.21, p.765-776, 2011.
- 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.
- VALENTIN, C.; POESEN, J.; LI, Y. Gully erosion: Impacts, factors and control. **Catena**, v.63, p.132-153, 2005.