

Previsão da perda de solo na Fazenda Canchim – SP (EMBRAPA) utilizando geoprocessamento e o USLE 2D

Loss of soil determination in Fazenda Canchim – SP (EMBRAPA) using geographic information systems and USLE 2D

Fernando das Graças Braga da Silva

Mestre, Doutor e Pós-Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP). Professor Adjunto III da Universidade Federal de Itajubá (Unifei). Vice-Diretor do Instituto de Recursos Naturais da Unifei

Ricardo Tezini Minotti

Mestre e Doutor em Ciência das Engenharia Ambiental pela EESC/USP. Técnico analista do Ministério do Meio Ambiente

Francisco Lombardi Neto

Pesquisador Científico Aposentado pelo Instituto Agrônomo de Campinas, S.P.

Odo Primavesi

Pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste de São Carlos (SP)

Silvio Crestana

Mestre e Doutor em Física pelo Instituto de Física de São Carlos (IFSC/USP). Pós-Doutorado na Califórnia University. Pesquisador da Embrapa Instrumentação Agropecuária

Resumo

Os modelos hidrossedimentológicos têm enorme potencial no Brasil para ser a melhor ferramenta de estimativa de perda de solo, devido principalmente a sua complexidade na descrição dos processos e sua robustez que os fundamenta. Entretanto, devido à necessidade de uma quantidade muito grande de informações requerida, aliada a dificuldades de adaptações desses modelos internacionais e necessidade de tempo e estrutura para criação de modelos nacionais, a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) e suas variações ainda são uma referência no Brasil para determinação de perda de solo. Neste trabalho, utilizou-se um atual modelo de cálculo do fator LS, o *Software* USLE 2D, em conjunto com o IDRISI. A aplicação foi feita na Fazenda Canchim da Embrapa Pecuária Sudeste; consistindo o primeiro trabalho desta natureza realizado nessa área com tais ferramentas. Os resultados obtidos mostraram-se coerentes com os tipos de solo, as declividades e a cobertura vegetal da área de estudo.

Palavras-chave: Equação Universal de Perda de Solo; geoprocessamento; erosão.

Abstract

The hydrosedimentological models have an enormous potential in Brazil to be the best tool for the estimative of soil lost principally due to their complexity on description of the processes and the robustness that validate them. However, due to a need of a very big volume of required information in connection with the difficulties to adapt the international models and the need of time and structure to create national models, the Universal Soil Lost Equation (USLE) and its variations still are a reference in Brazil to soil lost determination. In this article, a new model to calculate the SL factor, the USLE 2D Software combined with the IDRISI were used. The inedited application was done in Southeast Cattle Breeding Embrapa's Canchim Farm, consisting on the first work of this nature done in this area with such tools. The results obtained were coherent to types of soil, slopes and vegetal cover in the area of study.

Keywords: Universal Soil Loss; technical Gis; erosion.

Introdução

O processo erosivo em bacias hidrográficas é um dos processos mais prejudiciais à integridade da infraestrutura, dos serviços ambientais essenciais e da produtividade agrícola. Sua ação devastadora pode afetar as atividades econômicas e, principalmente, o meio ambiente.

A erosão do solo tem sido extensamente estudada dentro do ponto de vista agrícola, pois está relacionada a sérias perdas em termos de produção de água e de produtividade das mais variadas culturas. Mais recentemente tem-se dado atenção especial aos problemas ambientais relacionados a erosão, transporte e deposição de sedimentos.

Do ponto de vista ambiental, uma contribuição importante a ser dada seria a da quantificação da poluição difusa em uma bacia hidrográfica, tarefa nada fácil, tendo em vista os diferentes usos dos recursos edafo-hídricos, sejam eles urbanos ou rurais.

O primeiro passo para a determinação da poluição difusa é a quantificação da perda de solo por erosão hídrica. Atualmente, percebe-se uma tendência em adaptar os modelos hidrossedimentológicos, principalmente os norte-americanos, às condições de solo, cultura agrícola e temperatura brasileiros. No Brasil, algumas pesquisas encontram-se em andamento na tentativa de adaptar modelos internacionais ou mesmo criar modelos nacionais, inclusive por autores deste trabalho, podendo-se citar o trabalho de Silva *et al* (2006).

Por outro lado, o uso desses modelos internacionais, em geral ajustados para solos de clima temperado, demanda muito tempo em vista da necessidade de obtenção de muitos dados de entrada e de adaptação de informações, tais como unidades de grandezas, condições de aplicação e condições de medidas. Dessa forma, a curto prazo, a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), apesar de ser uma formulação empírica, ainda é a de maior referência no Brasil para estimativa de perda de solo. A sua aplicação é viável graças a estudos brasileiros para parâmetros determinados em condições locais da EUPS, como os de Bertoni e Lombardi Neto (1990).

Segundo Crestana *et al.* (2007), a USLE (abreviatura do inglês *Universal Soil Loss Equation*) começou a ser desenvolvida no final da década de 1950 pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. A EUPS consiste de um modelo empírico, utilizando extensas bases de dados de campo, a qual estima a erosão difusa e concentrada. A EUPS começou a ser uma ferramenta de gestão do uso do solo em escala local, como a parcela agrícola, a encosta ou a pequena exploração.

A maioria dos trabalhos relacionados a perdas de solo trazem revisões sobre a EUPS. Dentre as obras nacionais, pode-se citar Bertoni e Lombardi Neto (1990), Carvalho (1994), Souto (1998) e Marcomin (2002) e Minoti (2006) com o uso da USLE 2D.

Em conformidade com essas obras, pode-se afirmar que a EUPS é a fórmula mais empregada para cálculo de erosão em termos anuais.

Dentre os diversos softwares que poderiam ser utilizados para trabalhos com dados raster, aplicou-se a combinação do IDRISI com a USLE 2D para estimativa da perda de solo na Fazenda Canchim da Embrapa Pecuária Sudeste, pela facilidade de uso, domínio e segurança na confiabilidade dos resultados adquiridos.

Metodologia

Equação Universal de Perda de Solo

Com base em inúmeros trabalhos da literatura, podendo citar o trabalho de Carvalho (1994), a EUPS apresenta a seguinte fórmula:

$$A = R.K.L.S.C.P \quad \text{Equação 1}$$

onde:

A: perda de solo por unidade de área e tempo, em t/ha.ano ou outra unidade, dependendo das que forem usadas nos diversos parâmetros;

R: fator de erosividade da chuva, expressa a erosão potencial, ou poder erosivo da precipitação média anual da região;

K: fator de erodibilidade do solo que representa a capacidade do solo de sofrer erosão por uma determinada chuva;

L: fator topográfico que expressa o comprimento do declive;

S: fator topográfico, que expressa a declividade do terreno ou o grau de declive;

C: fator que expressa uso e manejo do solo e cultura;

P: fator de práticas conservacionistas.

IDRISI

De acordo com Eastman (1999), um SIG é um sistema auxiliado por computador para aquisição, armazenamento, análise e visualização de dados geográficos. Atualmente, uma variedade de ferramentas de *software* está disponível para auxiliar nessa atividade, muitas das quais definem a si próprias como um SIG. O conjunto de ferramentas utilizadas para a determinação e aplicação da EUPS foram o IDRISI e alguns aplicativos associados.

O IDRISI é um sistema de informação geográfica e um *software* para processamento de imagens desenvolvido pela *Graduate School of Geography* da Clark University. Esse sistema é líder na funcionalidade analítica raster, cobrindo todo o espectro de necessidades de SIG e de sensoriamento remoto, desde consulta a

banco de dados e modelagem espacial até realce e classificação de imagens. Facilidades especiais estão incluídas para monitoramento ambiental e gerenciamento de recursos naturais, incluindo análises de séries temporais/mudanças, apoio à decisão por critérios múltiplos e por objetivos múltiplos, análise de incerteza e modelagem de simulação.

Para a simulação da perda de solo foi utilizada a ferramenta *Image Calculator* do IDRISI, sendo que o fator LS foi calculado utilizando-se o *Software USLE 2D*.

Software USLE 2D

O *Software Usle 2D* foi desenvolvido pelo *Laboratory for Experimental Geomorphology* da University of Leuven, na Bélgica. É uma ferramenta para se calcular o fator LS da EUPS. Baseado no modelo de elevação digital, a USLE 2D fornece diferentes algoritmos de rotina para calcular o LS de áreas de contribuição. A união dessa ferramenta com uma plataforma SIG constitui-se em uma poderosa ferramenta para análises em bacias hidrográficas.

Para sua aplicação, necessita-se do modelo de elevação digital (DEM) da área em estudo para calcular os gradientes de declividades e as áreas de contribuição (Figura 1). Outra informação necessária para a simulação é o mapa com as divisões das áreas de interesse ('máscara de entrada') com as subdivisões convenientes (Figura 2), que estão associadas a uso e tipo de solo.

Caracterização da área de estudo

A área eleita para o estudo foi uma sub-bacia localizada na Fazenda experimental Canchim da Embrapa no município de São Carlos – SP. De acordo com Primavesi *et al* (1999), a área de estudo está localizada na região central do Estado de São Paulo. Seu relevo entalhado estende-se na direção sudeste e se localiza, topograficamente, na região da chamada Serra do Chibarro. A sede da Fazenda Canchim, próxima ao centro geográfico do Estado, fica a 7 km da rodovia Washington Luís e tem uma área total aproximada de 1.500 ha. A Figura 3 ilustra a hidrografia da área em estudo. O levantamento planialtimétrico da Fazenda Canchim foi feito na escala 1:10.000. Foi utilizada a imagem de satélite *Lansat TM5*. Os dados vetoriais foram posteriormente convertidos em imagens raster.

A Figura 4 ilustra os tipos de solos da área em estudo. Observa-se que existe uma predominância de Latossolos vermelhos ácidos e distróficos, que também compõem os solos da área: Latossolo Vermelho Eutroférrico, Argissolo vermelho e Neossolo Quartzarênico. O pixel dos mapas utilizados no trabalho foi de 40 m. A caracterização dos mapas de solos foi feita na escala 1:10.000, realizada pela Embrapa Solos (CALDERANO FILHO *et al*, 1998). Também foi utilizado o mapa de levantamentos de

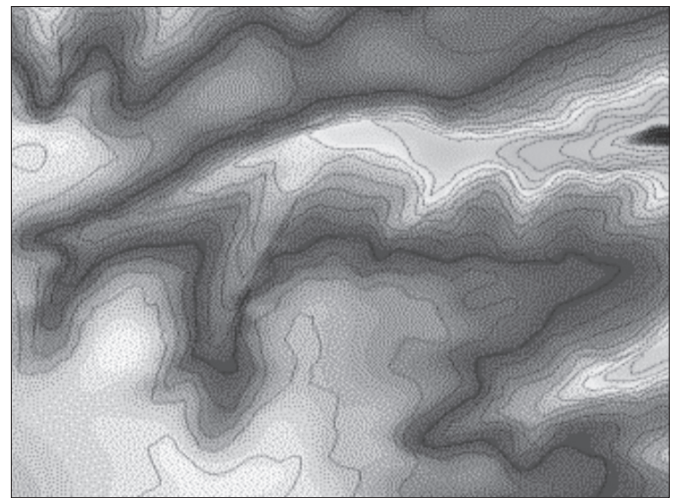


Figura 1 – Esquema genérico de mapa de elevação digital (manual USLE 2D)

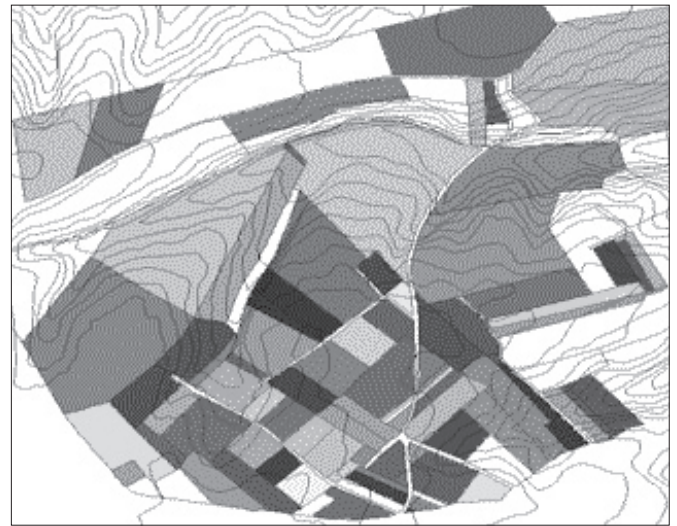


Figura 2 – Esquema genérico de mapa de máscara de divisões em função dos parâmetros de interesse (manual USLE 2D)

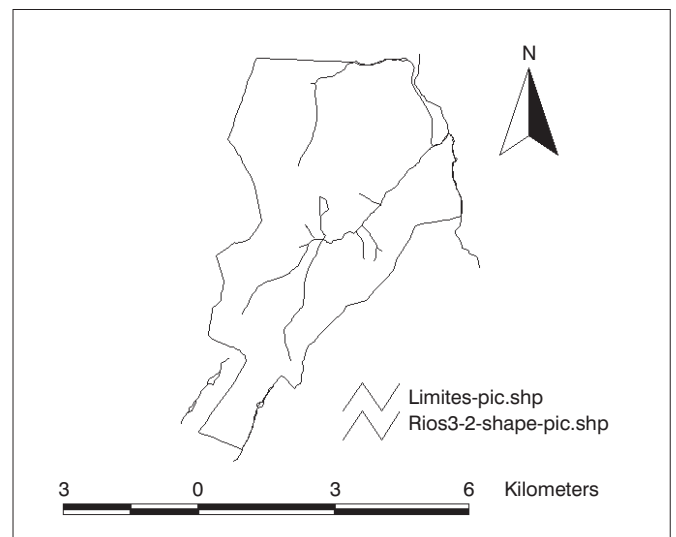


Figura 3 – Hidrografia da Fazenda Canchim – -area de estudo

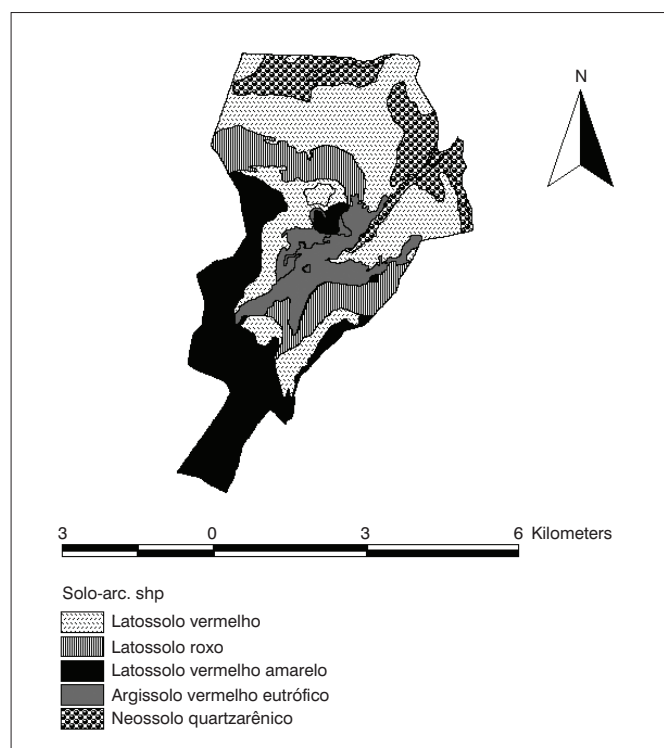


Figura 4 – Mapa de solos da área em estudo

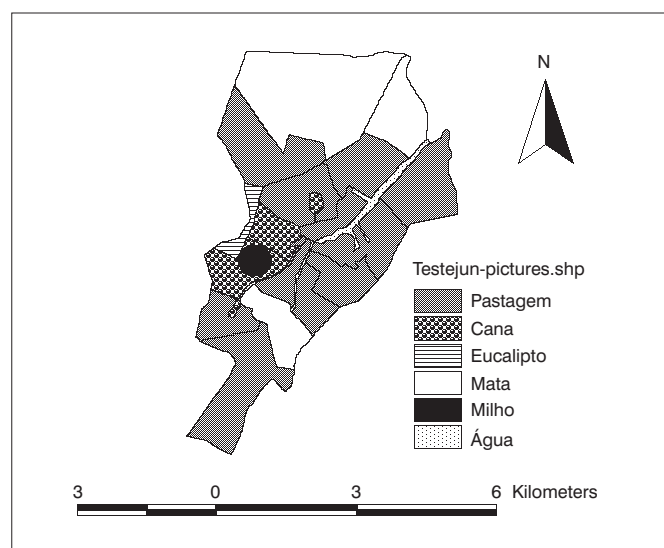


Figura 5 – Mapa de uso de solo da área em estudo

solo do Estado de São Paulo, Quadricula Descalvado, na escala de 1:100.000.

A Figura 5 ilustra o uso de solo da Fazenda Canchim. Observa-se que a maior parte da área é composta por pastagem. Uma pequena área é composta de cana, milho e eucalipto. Uma parte representativa da área em estudo é composta por Mata Nativa e Cerrado-Cerradão.

O mapa de uso e ocupação de solo foi obtido para a escala 1:10.000 a partir de quadriculas do Córrego do Engenho Velho, da

Fazenda Morro Alto, do Rio Monjolinho e da Fazenda Sapé, utilizando-se a Universal Transversa de Mercator (UTM).

Dados de entrada do modelo

Parâmetros da EUPS

Os dados a seguir, necessários para a simulação do modelo, foram obtidos da obra de Lombardi Neto (2005a), sendo transcritos alguns trechos e definições.

Fator chuva – erosividade R

O fator chuva é um índice numérico que representa o potencial da chuva e da enxurrada para provocar erosão em uma área sem proteção.

A perda de terra provocada por chuvas numa área cultivada é diretamente proporcional ao produto da energia cinética da chuva pela sua intensidade máxima em 30 minutos. Esse produto é denominado índice de erosão (EI30). A média dos valores anuais de EI30 de um longo período de tempo (mais de 20 anos) é o valor R da equação.

O valor de R pode ser calculado a partir de dados de pluviômetros, segundo modelo proposto por Lombardi Neto & Moldenhauer (1992).

$$EI \text{ mensal} = 89,823(r^2/P) 0,759 \quad \text{Equação 2}$$

onde:

EI: média mensal do índice de erosão em MJ.mm/h.ha;

R: precipitação média mensal em milímetros;

P: precipitação média anual em milímetros.

Lombardi Neto (2005b) desenvolveu um *software* para o cálculo da erosividade da chuva para o Estado de São Paulo, o qual utilizou 140 locais do Estado que dispunham de dados de precipitação média mensal consistentes e determinaram a erosividade, utilizando a equação de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992).

Fator solo - erodibilidade K

O significado de erodibilidade do solo é diferente de erosão do solo. A intensidade de erosão de uma área qualquer pode ser influenciada mais pelo declive, características das chuvas, cobertura vegetal e manejo, do que pelas propriedades do solo. Alguns solos, contudo, são mais facilmente erodidos que outros, mesmo quando o declive, a precipitação, a cobertura vegetal e as práticas de controle de erosão são as mesmas. Essa diferença, devida às propriedades inerentes ao solo, é referida como erodibilidade do solo.

As propriedades do solo que influenciam a erodibilidade pela água são aquelas que: a) afetam a velocidade de infiltração, a

Tabela 1 – Fator C para alguns usos de solo para a região de São Carlos.

Usos		Fator C
Culturas	Anuais	
	Milho	0,0827
	Soja	0,206
	Algodão	0,465
Culturas	Temporárias	
	Cana-de-açúcar	0,1124
	Cana-de-açúcar Forrageira	0,0112
Culturas	Perenes	
	Café formado	0,135
	Citros formado	0,135
Outros	Usos	
	Pastagem	
	Degradada	0,05
	Sem manejo	0,01
	Com manejo	0,001
	Nativa	0,005
Reflorestamento	Eucalipto (corte a cada 7 anos)	0,047
Mata e vegetação nativas		0,0004

permeabilidade e a capacidade total de armazenamento de água; b) resistem às forças de dispersão, salpico, abrasão e transporte pela chuva e o escoamento.

Bertoni e Lombardi Neto (1990) estabeleceram para vários solos o valor de K, bem como de sua tolerância a perdas.

Fator uso e manejo – C

O fator uso e manejo do solo é a relação esperada entre as perdas de solo de um terreno cultivado em dadas condições, e as perdas correspondentes desse terreno mantido continuamente descoberto e cultivado.

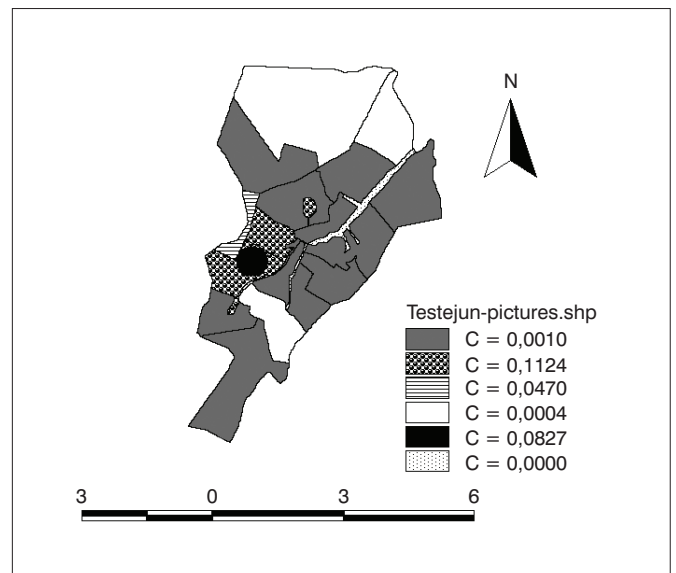
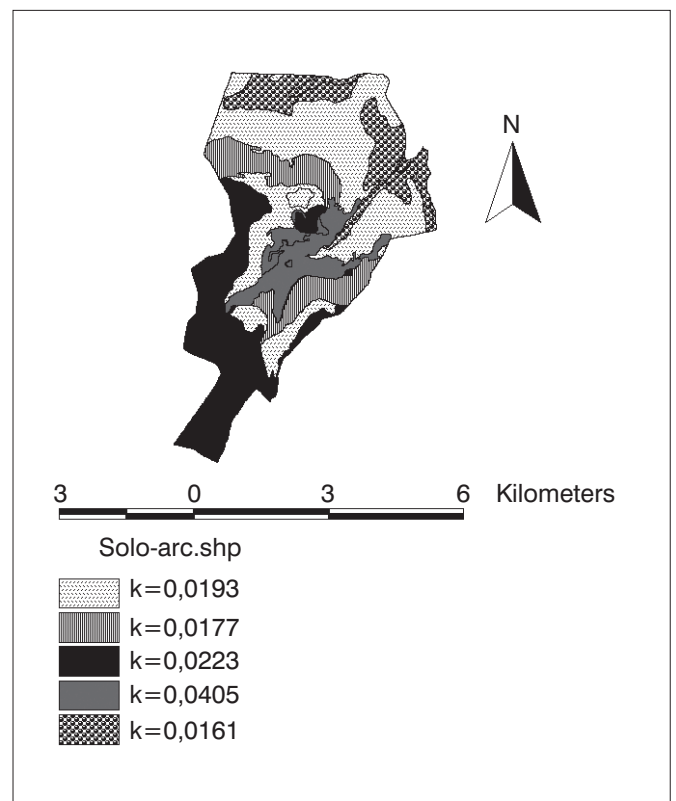
Os efeitos das variáveis uso e manejo não podem ser avaliados independentemente, devido às diversas interações que ocorrem.

O fator C mede o efeito combinado de todas as relações das variáveis de cobertura e manejo acima enumeradas.

Para a obtenção do valor C, a intensidade de perdas de solo de cada período é combinada com dados relativos à chuva, isto é, em relação à porcentagem de distribuição do índice de erosão (EI) anual para determinado local. A Tabela 1 apresenta valores do fator C para vários usos na região de São Carlos, SP.

Fator prática conservacionista – P

O fator P é a relação entre a intensidade de perdas de terra com determinada prática conservacionista e aquelas quando a cultura está plantada no sentido do declive (morro abaixo).

**Figura 6** – Mapa gerado com fator uso e manejo da Fazenda Ganchim**Figura 7** – Mapa gerado para o fator de erodibilidade do solo para a Fazenda Ganchim

As práticas conservacionistas mais comuns para as culturas anuais são: plantio em contorno, plantio em faixas de contorno, terraceamento e alternâncias de capinas.

Lombardi Neto (2005a) estabeleceu o valor de p para o plantio em nível, em função da declividade, conforme a equação para declividades entre 0,5 a 20%. Para declividades menores que 0,5% foram

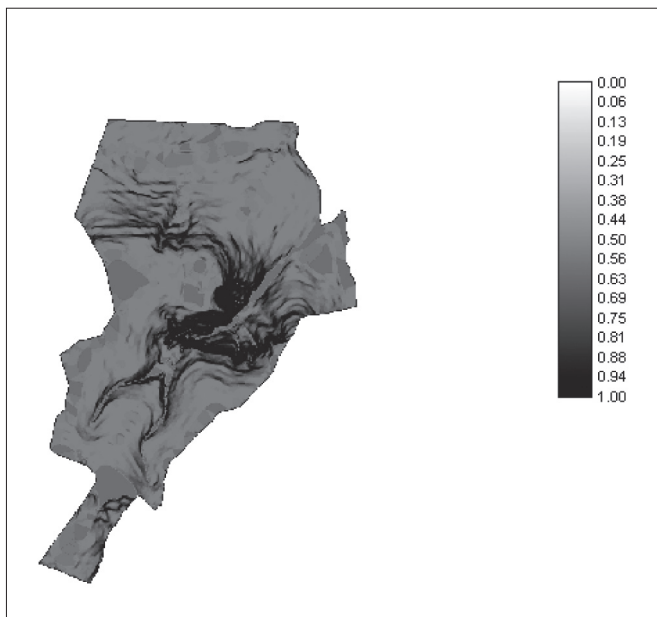


Figura 8 – Mapa gerado para o fator de práticas conservacionistas para a Fazenda Canchim

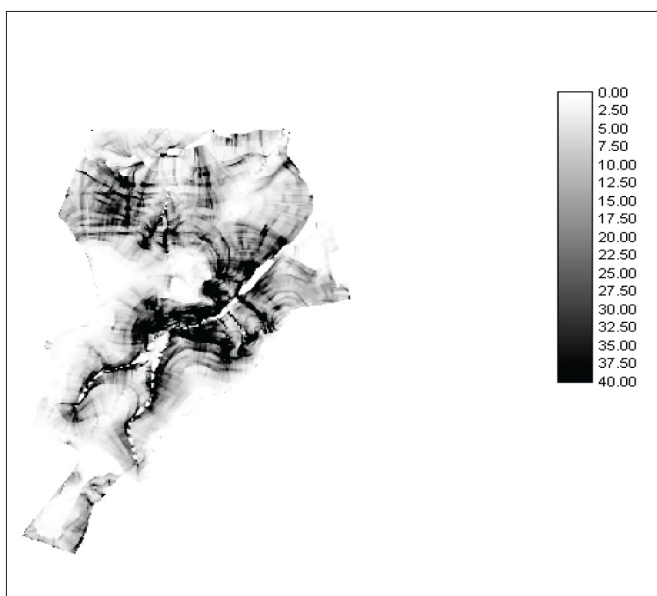


Figura 9 – Mapa gerado para o fator LS para a Fazenda Canchim

Tabela 2 – Perdas de solo calculadas para a Fazenda Canchim, em função de diferentes coberturas

Cobertura	Perda de solo (t/ha/ano)
Mata nativa	0,39
Eucalipto	2,9
Pastagem	3,86
Cana	32,5
Milho	42

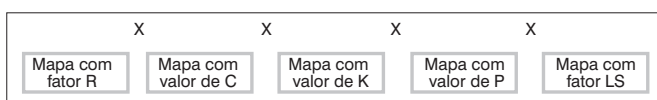


Figura 10 – Fluxograma indicativo de multiplicação de mapas

assumidos o valor de $p=0,6$ e para declividades maiores que 20% assumiu-se o valor de $p=1$.

$$P = 0.69947 - 0,08911.D + 0,01184.D^2 - 0,000335.D^3$$

Equação 3

Resultados e discussão

Mapas gerados

A partir dessas informações obtidas para a região, produziu-se mapas de elevação digital, e os mapas relativos às áreas de interesse dos parâmetros da EUPS, como o do fator de erodibilidade do solo (K), fator uso e manejo (C) e fator de prática conservacionista (P). A composição LS foi gerada utilizando-se o *Software* USLE 2D, e o fator de erosividade da chuva foi obtido para a região, a partir do *Software* de Lombardi Neto (2005b). A Figura 6 a seguir indica o mapa gerado na plataforma IDRISI para o fator uso e manejo.

A Figura 7 ilustra os valores de erodibilidade do solo obtidos para a Fazenda Canchim, a partir do trabalho de Lombardi Neto (2005a). Esses valores variam de 0,0161 a 0,0405.

É apresentado, na Figura 8, o mapa dos valores de práticas conservacionistas P para a Fazenda Canchim.

A Figura 9 ilustra os valores de LS para a área de estudo; observa-se que esses valores chegam a um máximo de 40.

De acordo com o trabalho de Lombardi Neto (2005b), o fator de erosividade da chuva obtido foi de 7.361 MJmm/ha para a região de São Carlos – SP.

Após o processamento dos mapas no *Software* IDRISI, chegou-se aos valores indicados na Tabela 2. Vale a pena salientar que os cálculos de perda de solo foram realizados para as respectivas coberturas em função de sua área ocupada; dessa forma, as coberturas podem ter diferentes fatores LS e K e P, sendo o R o mesmo para a região em estudo e C específico de cada cobertura. A Figura 10 ilustra o procedimento de multiplicação de mapas para a obtenção dos resultados de erosão.

Com relação às coberturas, observa-se que o menor valor de 0,39 t/ha/ano foi obtido para a mata Nativa e os maiores foram de 32,50 t/ha/ano e 42 t/ha/ano para as culturas de cana e milho respectivamente. Os resultados parecem ser razoáveis, pois as culturas de milho e cana apresentam menor cobertura vegetal em relação às outras.

Observa-se, pela Tabela 3, que os menores valores de perda de solo são obtidos para o Latossolo Vermelho Eutrófico e Neossolo Quartzarênico e para o Latossolo Vermelho Amarelo com valores respectivamente 1,79 t/ha/ano e 1,92 t/ha/ano; e os maiores valores são obtidos para Argissolo Vermelho Eutrófico (176 t/ha/ano) e para o Latossolo Vermelho Amarelo (8,17 t/ha/ano). Os resultados têm coerência com os valores apresentados por Lombardi Neto (2005a), pois indicam que, dos solos analisados, o Argissolo Vermelho

Eutrófico apresenta maiores valores de erodibilidade e o Neossolo Quartzarênico e Latossolo Vermelho Eutroférico são menores.

Além da influência do fator de erodibilidade alto para o Argissolo Vermelho Eutrófico, outro fator que, no caso da área em estudo, contribui para o elevado valor de perda de solo é o de grandes valores de declividade e, conseqüentemente, os elevados fatores LS relativos à área desse solo.

Vale salientar que os resultados obtidos pela EUPS fornecem a erosão média plurianual oriunda de planos. Outros trabalhos do grupo estão sendo desenvolvidos com modelos hidrossedimentológicos para determinação da erosão, deposição em calhas e cursos de água.

Conclusões

1. O uso das ferramentas IDRISI e USLE 2D demonstram ser um conjunto potencial para a aplicação da EUPS em escala espacial.
2. Os resultados de perda do solo obtidos parecem coerentes, pois estão relacionados com os parâmetros C, K e LS que constituem os dados de entrada.
3. Os altos valores de perda de solo obtidos para a cana e o Argissolo Vermelho Eutrófico podem ser justificados em parte pelos altos valores de K e LS para essas respectivas delimitações de cultura e solo; entretanto, novos estudos específicos devem ser processados.

Tabela 3 – Perdas de solo calculadas para a Fazenda Canchim, em função de diferentes tipos de solos

Tipo de solo	Perda de solo (t/ha/ano)
Latossolo Vermelho Eutroférico	1,79
Neossolo Quartzarênico	1,92
Latossolo Vermelho (Ácrico e Distrófico)	6,81
Latossolo Vermelho Amarelo	8,17
Argissolo Vermelho Eutrófico	176

4. Os valores de LS ficaram em 99,5% da área abaixo do valor 40, sendo que alguns pontos de valores discrepantes foram eliminados.
5. Esse primeiro estudo de erosão feito na Fazenda Canchim da Embrapa Pecuária Sudeste pode ser um trabalho inicial para novos estudos.
6. Sugere-se, em trabalhos futuros, a construção de parcela experimental para melhor validação dos resultados.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa PRODOC 03/02-6 (PPG-SEA-USP) concedida ao primeiro autor; à Embrapa Instrumentação Agropecuária em especial aos doutores Ladislau Martin Neto, Carlos Manoel Pedro Vaz e João De Mendonça Naime; e ao apoio dado pela Embrapa Pecuária Sudeste.

Referências

- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1990.
- CALDERANO FILHO, B.; SANTOS, H.G. dos; FONSECA, O.O.M. da; SANTOS, R.D. dos; PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A.C. *Os solos da Fazenda Canchim, Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste, São Carlos, SP: Levantamento semidetalhado, propriedades e potenciais*. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS/São Carlos: Embrapa-CPPSE, 1998. (Embrapa – CNPS. Boletim de Pesquisa, 7). (Embrapa – CPPSE. Boletim de Pesquisa, 2).
- CARVALHO, N.O. *Hidrossedimentologia Prática*. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais e Eletrobrás. Rio de Janeiro: CPRM: Eletrobrás, 1994. Local de publicação e editora, 1994.
- CRESTANA, S.; SILVA, F.G.B.; MINOTI, R.T. Estudos e aplicação de modelos para avaliação de impactos da agricultura em microbacias hidrográficas. In: MARTIN NETO, L.; Vaz, C.M.P.; CRESTANA, S. (Org.). *Instrumentação avançada em ciência do solo*. Brasília: Embrapa, v. 1, p. 291-340, 2007.
- EASTMAN, J.R. *IDRISI 32 – Guide to GIS and image processing*. Clark Labs, Clark University, Worcester, USA, 1999.
- LOMBARDI NETO, F. *Relatório fornecido por comunicação pessoal com o pesquisador*. 2005a.
- LOMBARDI NETO, F. *Software para cálculo do fator de erosividade da chuva para o Estado de São Paulo fornecido por comunicação pessoal com o pesquisador*. 2005b.
- LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W.C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). *Bragantia – Revista de Ciências Agrônomicas* – Instituto Agrônomico, Campinas, v. 51, n. 2, p. 189-196, 1992.

MARCOMIN, F.E. *Análise ambiental da bacia hidrográfica do Rio Pinheiros (Municípios de Orleans e São Rudgero, SC) com base na caracterização e diagnóstico dos elementos da paisagem e da perda de solo por erosão laminar*. São Carlos. 155p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, 2002.

MINOTTI, R.T. *Abordagens qualitativa e quantitativa das micro-bacias hidrográficas e áreas alagadas de um compartimento do médio Mogi-Superior-SP a partir da perda de solo por erosão*. Tese de Doutorado a ser apresentada na Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo – PPG-SEA, 2006.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A.C.P.A.; PEDROSO, A.F. CAMARGO, A.C.; RASSINI, J.B. et al. *Microbacia hidrográfica do Ribeirão Canchim: Um modelo real de laboratório ambiental*. São Carlos: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Pecuária Sudeste – Boletim de Pesquisa, n. 5. 1999.

SILVA, F.G.B.; MINOTI, R.T.; NETTO, A.A.; REIS, J.A.T.; CRESTANA, S. Determinação da perda de solo em uma sub-bacia hidrográfica rural da região de São Carlos – SP, a partir de modelo hidrosedimentológico. In: *VII Simpósio de recursos hídricos do Nordeste*, São Luís, 2004.

SILVA, F.G.B. ; PIOLTINE,V.; MINOTI, R.T.; CRESTANA, S.; DUPAS, F. Estimativa preliminar de perda de solo com o uso do modelo Avswat para bacias da região de Luis Antônio – SP. In: *Anais do VII encontro nacional de Engenharia de Sedimentos*, Porto Alegre, 2006.

SOUTO, A.R. *Análise espacial e temporal da produção de sedimentos em uma microbacia rural com o modelo AGNPS e técnicas de SIG*. São Carlos. 111p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1998.

USLE 2D. Acesso em: 6 jul 2010 Disponível em: <http://www.kuleuven.be/geography/frg/modelling/erosion/usle2dhome/>