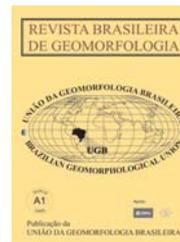




www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 13, n° 3 (2012)



APLICAÇÃO DA EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO (EUPS) NA BACIA DO CÓRREGO PINHALZINHO SEGUNDO, NOROESTE DO PARANÁ

APPLICATION OF THE UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION (USLE) AT THE PINHALZINHO SEGUNDO STREAM BASIN IN PARANA STATE (BRAZIL) NORTHWEST REGION

Vladimir de Souza

Universidade Estadual de Maringá – Departamento de Geografia – DGE/ Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente - GEMA - Av. Colombo 5790, CEP – 87020-900 – e-mail: vladimirdesouza@yahoo.com.br

Nelson Vicente Lovatto Gasparetto

Universidade Estadual de Maringá – Departamento de Geografia – DGE/ Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente - GEMA - Av. Colombo 5790, CEP – 87020-900 – e-mail: nvlgasparetto@uem.br

Informações sobre o Artigo

Data de Recebimento:
23/08/2011

Data de Aprovação:
03/04/2012

Palavras-chave:

Bacia Hidrográfica, Equação Universal de Perdas de Solo, Geoprocessamento.

Keywords:

Hydrographic Basin, Universal Soil Loss Equation, Geoprocessing.

Resumo

Este trabalho visa estimar perdas de solo por erosão laminar na bacia do córrego Pinhalzinho Segundo, localizada na região noroeste do estado do Paraná. A predição foi executada por meio da aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS). A partir de informações obtidas em campo, laboratório e gabinete, foi possível determinar os índices das variáveis que compõem o referido modelo matemático. A integração dos dados levantados e a estimativa de perdas de solo anual foram desenvolvidas no Sistema de Informação Geográfica (SIG) SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), com auxílio de técnicas de geoprocessamento. Os resultados obtidos demonstram que predominam na área de estudo locais com valores abaixo de 3 ton/(ha. ano). No geral, essas áreas estão associadas aos Latossolos, em locais onde o índice do fator topográfico é menor que 4 e o solo é utilizado para pastagem. Os locais na bacia que apresentaram valores elevados de perdas de solo anuais, ou seja, maiores que 10 ton/(ha.ano) estão associados às áreas com elevado índice do fator LS, dispostas sobre os Latossolos, Argissolos, Neossolos e com uso do solo destinado à agricultura. A análise geral dos dados obtidos permite concluir que o predomínio de áreas com valores relativamente baixos de perdas de solo se deve, principalmente, à ocorrência de áreas destinadas à pastagem e ao relevo pouco movimentado existente na bacia hidrográfica.

Abstract

This work aims at estimating soil losses which happen through laminar erosion at the Pinhalzinho Segundo stream basin, located in northwest region of Parana State (Brazil). The prediction was carried out by means of Universal Soil Loss Equation (USLE). Using information collected in the field, laboratory and at cabinet, it was possible to determine the indexes of the variables that compose the mathematical model referred. The integration

of the data collected and the estimate of annual and seasonal soil losses were carried out at GIS (Geographical Information System) *SPRING* (*Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas*), with the help of geoprocessing techniques. The results obtained for the annual soil loss show that, sites with values lower than 3 ton/(ha.year) in the area of study are the most common. In general, these areas are associated with Latosols where the topographic factor index is below 4 and the soil is used as pasture. The sites at the basin which presented a high level of annual soil loss, i.e., above 10 ton/(ha.year) are associated to areas with a high LS factor index, placed over Latosols, Argisols and Neosols, with the soil being used for agriculture. The data general analysis allows us to conclude that the predominance of areas with relatively low values of soil loss obtained at the simulations performed can be justified mainly by the occurrence of areas destined to pasture and by the predominantly flat terrain at the basin.

Introdução

A degradação dos solos é um dos principais problemas socioambientais em áreas usadas para fins agropecuários no Brasil. Os levantamentos e estimativas atuais apontam que a deteriorização dos solos brasileiros ocorre principalmente na forma de processos erosivos acelerados, provocados pelo escoamento difuso ou concentrado da água das chuvas na superfície do terreno. Neste sentido, diversas formas de erosão podem ocorrer, como a laminar, em sulcos, ravinas e voçorocas.

O processo desequilibrado de transporte e deposição de sedimentos que ocorre na vertente proporciona diversas alterações no ambiente. Dentre essas mudanças, podem citar-se a perda da fertilidade do solo, a desestabilização de vertentes, a alteração quantitativa e qualitativa da atividade biológica no solo, a mudança na composição físico-química da água dos rios, a alteração no regime de competência fluvial, nos processos relacionados ao canal (erosão ou deposição), além do impacto nos ecossistemas fluviais (CARSON e KIRKBY, 1975; BRUSSAARD, 1994; LAL, 2000). Essas mudanças proporcionam consequências diretas para os seres humanos, uma vez que alteram o potencial da produção agrícola e a qualidade da água para o consumo.

No noroeste do Estado do Paraná, esses problemas também são evidenciados. Maack (1968) foi um dos primeiros a chamar atenção para a problemática da erosão acelerada dos solos nessa região. Diversos estudos, com diferentes enfoques e escalas de análise, foram realizados nos últimos anos abordando essa temática na região. Dentre outros aspectos, esses trabalhos trataram do comportamento e das características morfogenéticas da cobertura pedológica e/ou do potencial geológico-geotécnico de alguns municípios (CUNHA, 1996; GASPARETTO 1999; NAKASHIMA 1999; MARTINS, 2000; SOUZA 2001; SOUZA et al., 2008). No geral, esses trabalhos contribuíram de forma significativa para o entendimento do meio físico da região, tanto em áreas urbanas quanto em áreas rurais. Mesmo assim, tendo em vista a grande extensão da região noroeste e sua importância socioeconômica para o Estado do Paraná, pode-se dizer que o conhecimento da estrutura geocológica e da dinâmica geomorfológica de alguns locais ainda é bastante limitado.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo estimar perdas de solos por erosão laminar na bacia do córrego

Pinhalzinho Segundo, localizada no noroeste do Estado do Paraná. A predição foi realizada a partir da aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (**EUPS**), sistematizada no SIG (Sistema de Informação Geográfica) *SPRING* 4.3.3 (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas versão 4.3.3), com auxílio de técnicas de geoprocessamento. O entendimento dos processos envolvidos e a identificação das áreas sujeitas a maior ou a menor quantidade de perdas de solo por erosão na área de estudo podem subsidiar os órgãos responsáveis pelo gerenciamento da manutenção e expansão da agropecuária na região.

Área de estudo

A bacia do córrego Pinhalzinho Segundo, com área aproximada de 182km², está localizada no noroeste do Estado do Paraná (Figura 1). É sustentada por rochas da Bacia Sedimentar Fanerozoica do Paraná, na unidade morfoescultural denominada Terceiro Planalto Paranaense, subunidade Planalto de Umuarama (MAACK, 1968; SANTOS et al., 2006). Predominam nesse compartimento colinas amplas e médias, com vertentes do tipo convexas com topos planos e longos. No geral, os vales possuem formas em “V” e as classes de declividades variam de 0-6% e 6-12% (SANTOS et al., 2006). Em relação à altimetria, o Planalto de Umuarama apresenta cotas que variam de 240m a 660m em relação ao nível médio do mar. Na área de estudo, a altitude varia de 320m a 480m, com amplitude de 160m.

O substrato geológico da bacia do córrego Pinhalzinho Segundo é constituído por rochas areníticas da Formação Caiuá (K) do Grupo Bauru e por depósitos de cascalho, areias, silte e argila de origem fluvial. A Formação Caiuá (K), datada do período Cretáceo, abrange a maior parte da bacia hidrográfica, enquanto que os depósitos fluviais, com idade Quaternária, localizam-se restritamente em alguns setores às margens do córrego (SOARES et al., 1980). Fernandes (1997) descreve que os arenitos da Formação Caiuá (K) apresentam estrutura cruzada acanalada, que evidencia origem fluvial em algumas áreas e estrutura cruzada de grande porte com característica eólica em outras localidades. Em relação à mineralogia, os arenitos são constituídos basicamente por quartzo, feldspato potássico e óxidos de ferro.

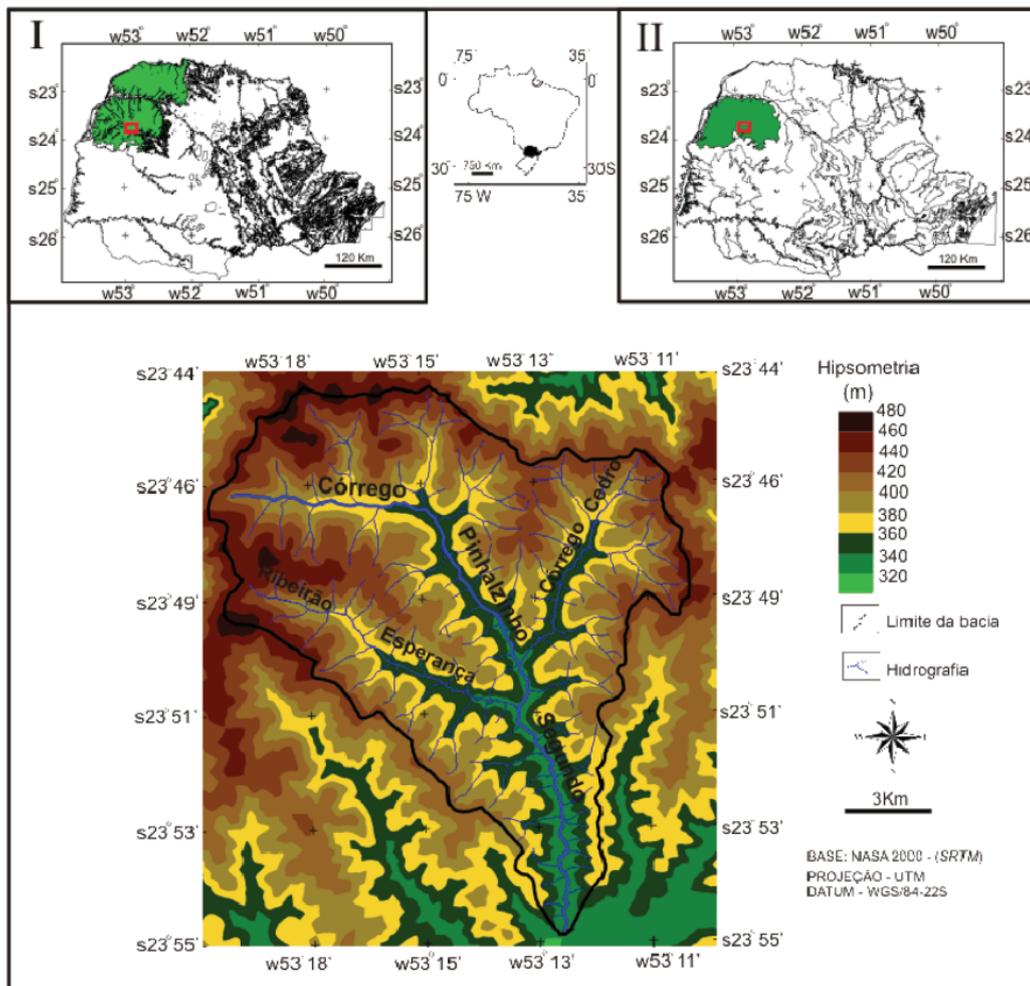


Figura 1 - Localização da área de estudo e variação altimétrica da bacia e de seu entorno. (I) Contexto geológico da área em destaque no Estado do Paraná, com domínio da Formação Caiuá, Grupo Bauru; (II) Contexto geomorfológico da área em destaque no Estado do Paraná, com domínio do Planalto de Umuarama.

De acordo com o IBGE (1992) a formação vegetal primária da área de estudo era a Floresta Estacional Semidecidual Submontana, substituída parcialmente por cultura de café na década de 1950, sucedida por pastagens, culturas agrícolas temporárias, anuais, de subsistência, área urbana de Umuarama com pequenas indústrias alimentícias além de áreas de preservação permanente (APP), como se encontra atualmente.

O clima do noroeste do Paraná é classificado como subtropical úmido mesotérmico (Cfa), com chuvas concentradas no verão sem estação seca definida. A precipitação pluvial média anual varia entre 1.250mm e 1.500mm. A temperatura média no verão é superior a 22°C e no inverno é inferior a 18°C (KÖPPEN, 1948).

As peculiaridades litológicas da área de estudo, aliadas às características do relevo, tempo, atividades

biológicas e condições climáticas, permitiram o desenvolvimento de diferentes tipos pedológicos. São solos profundos, bem drenados e por derivarem dos arenitos da Formação Caiuá apresentam elevada concentração da fração de areia em sua composição física (NAKASHIMA, 1999).

Souza (2010) por meio do estudo de uma toposequência de solos, além de análises físicas e morfológicas, definiu para a área de estudo o predomínio do seguinte sistema pedológico:

- Na alta vertente e posições de topo ocorre o Latossolo Vermelho com textura média a arenosa, profundidade superior a 2m e com forte presença de macroporos ao longo de todo o perfil;

- Em situação de média e baixa vertente ocorre o Argissolo Vermelho Amarelo com profundidade superior a 2m. O horizonte A varia de 10 a 20cm de profundidade, com estrutura granular e textura arenosa. Demonstra transição abrupta para o horizonte inferior (E), onde a espessura média varia de 5 a 30cm e a textura é arenosa. Abaixo deste, aparece o horizonte Bt com textura areno argilosa e estrutura de blocos subangulares e angulares;

- No terço inferior das vertentes e nas pequenas planícies de inundação dos canais de drenagem, sobretudo no baixo curso da bacia, ocorre o Gleissolo. Este tipo de solo apresenta excesso de água ao longo de todo o perfil durante um período do ano, condicionado, sobretudo, pela proximidade do lençol freático. Apresenta textura que varia de arenosa a areno argilosa, estrutura granular no horizonte superficial e em blocos subangulares no horizonte subsuperficial. A profundidade é superior a 1m;

- No alto curso da bacia do córrego Pinhalzinho II, em situação de baixa vertente, aparece o Neossolo Quartzarênico. Apresenta profundidade superior a 2m, textura arenosa, com presença de macroporos ao longo de todo perfil. A estrutura é formada por grãos simples;

- No setor nordeste da bacia em um afluente do córrego Cedro, aparece associado a uma ruptura de declive em situação de baixa vertente o Cambissolo. Apresenta profundidade inferior a 1m, textura areno-siltosa e estrutura granular.

Material e Métodos

A estimativa anual de perdas de solos por erosão laminar foi realizada por meio da aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo - EUPS. Desenvolveu-se toda a sistematização dos cálculos da equação no software SPRING, por meio do programador LEGAL - Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (CAMARA et. al., 1996). A EUPS foi proposta por Wischmeier e Smith (1978) e exprime a relação dos principais fatores que influenciam a erosão causada pela chuva. A Equação (1) apresenta a fórmula desenvolvida para o cálculo do referido modelo matemático:

$$A=RKLSCP \quad (1)$$

Onde: A = Perda de solo calculada em unidade de área - t/ha.ano; R = Fator erosividade da chuva - Mj.mm/ha.h.ano; K = Fator erodibilidade do solo - t.h/Mj/mm/.ano; L = Fator comprimento de rampa (adimensional); S = Fator grau de declive do terreno (adimensional); C = Fator uso e manejo do solo (adimensional); P = Fator prática conservacionista (adimensional).

Metodologia utilizada para a determinação do fator R da EUPS

O fator R (erosividade) da EUPS é uma definição do potencial erosivo de eventos de chuva (KIRKBY e MORGAN, 1980). Para a determinação desse fator, foi utilizada a equação (2), proposta por Lombardi Neto e Moldenhauer (1980).

$$EI_{30} = 67,355 (r^2/P)^{0,85} \quad (2)$$

Onde:

EI_{30} = média mensal do índice de erosão expresso em megajoule/hectare multiplicado por milímetros/hora (Mj.mm/ha.h);

r = precipitação média mensal em milímetros (mm);

P = precipitação média anual em milímetros (mm).

Foram usados dados diários de precipitação pluviométrica, com séries históricas de 30 anos da Estação Climatológica Principal de Umarama (ECPU) para a determinação das variáveis r e P da equação citada acima. A ECPU localiza-se no setor norte da bacia, entre as coordenadas geográficas 23°44'S e 53°17'W.

O valor obtido para o fator R foi de 6653,4 Mj.mm/ha.h, conforme exibido na figura 2.

Metodologia utilizada para a determinação do fator K da EUPS

A erodibilidade é a descrição quantitativa do potencial erosivo de cada solo e representa uma das razões para cada material ser erodido em uma vertente (GREENLAND e LAL, 1977; KIRKBY e MORGAN, 1980; SUMMERFIELD, 1991).

A carta de solos da área de estudo foi obtida em Souza (2010). O autor baseou-se em dados adquiridos em trabalhos de campo, laboratório e gabinete para a elaboração do referido produto cartográfico.

Já os valores do fator K da EUPS aferidos aos solos classificados neste trabalho foram baseados em índices estipulados por Bertoni e Lombardi Neto (1999), Prado e Nóbrega (2005) e Amorim e Silva (2009). São dados provenientes de medidas experimentais realizadas em monitoramento de campo ou determinados por meio de modelos matemáticos, que usam como variáveis atributos físicos e químicos do solo. As classes de solos estudadas pelos autores citados acima apresentam as mesmas características físicas e morfológicas que as encontradas na bacia do córrego Pinhalzinho Segundo.

Todos os dados obtidos referentes ao fator K da EUPS foram aferidos espacialmente ao banco de dados geográfico por meio do processo de ponderação, disposto no programador LEGAL do SPRING.

A operação de ponderação possibilita atribuir aos polígonos temáticos de solos mapeados os valores numéricos determinados pelos autores citados anteriormente. Esses dados permanecem armazenados, dispostos no formato de uma grade numérica, com resolução espacial X e Y de 10m.

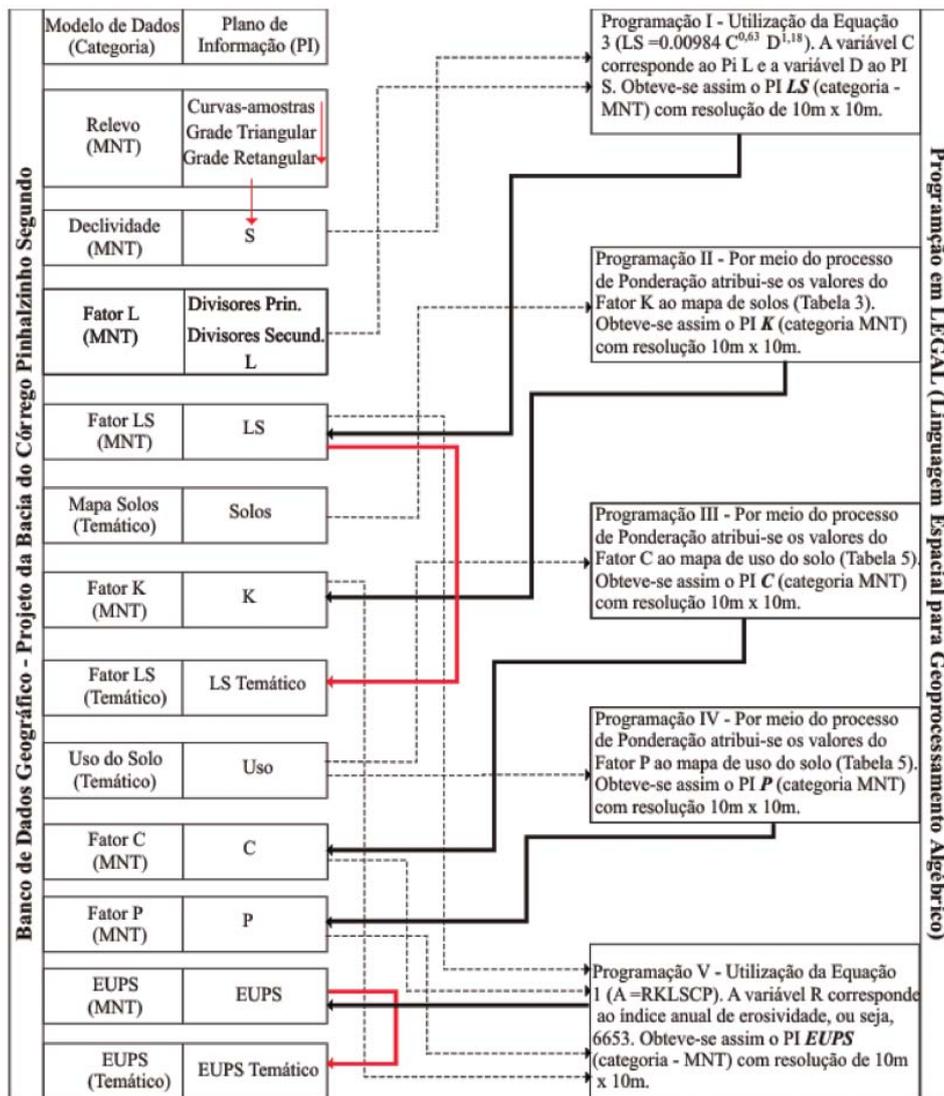


Figura 2 - Fluxograma com estrutura do banco de dados geográfico da área de estudo e síntese da programação em LEGAL utilizada para estimar perdas de solo.

Metodologia utilizada para a determinação do fator LS da EUPS

O fator topográfico (LS) expressa a expectativa de perda de solo por unidade de área em razão dos valores de comprimento da rampa e de declividade do terreno. Bertoni e Lombardi Neto (1999) desenvolveram uma equação (3) que permite calcular as perdas médias de solo em razão do fator topográfico.

$$LS = 0,00984 C^{0,63} D^{1,18} \quad (3)$$

Onde

LS = Fator topográfico

C = Comprimento da rampa em metros

D = grau de declive em porcentagem

As duas variáveis topográficas foram obtidas por meio de métodos diferentes. A variável S da EUPS foi obtida a partir da geração de uma grade triangular (TIN), com resolução X e Y de 10m e armazenada no modelo MNT do SPRING. Esse produto altimétrico foi gerado a partir da interpolação das curvas de nível, equidistantes em 20m. As isolinhas topográficas foram obtidas a partir da interpolação dos dados altimétricos da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), reamostrados pelo método da krigagem de 90m para 30m (VALERIANO, 2004). A partir da grade triangular alti-

métrica, usando a ferramenta MNT – Declividade do *software* adotado, com as opções de entrada grade, saída declividade, unidade porcentagem, gerou-se o Plano de Informação (PI) Declividade, com resolução X e Y de 10m.

Já o fator L da EUPS foi calculado no ambiente SIG a partir da função “mapa de distâncias”, contida no ícone MNT do *software* adotado. A partir da digitalização dos divisores de água principais e secundários da bacia, gerou-se uma grade numérica retangular, também com resolução de 10m, armazenada no modelo de dados MNT do SIG. Os divisores principais e secundários foram cotados como o comprimento de rampa 0m, enquanto que a rede de drenagem de cada sub-bacia serviu como linha de quebra ou limite final, recebendo o valor máximo no cálculo do comprimento de rampa.

O fator LS da EUPS foi finalmente obtido por meio da equação 3, calculada e integrada espacialmente no SIG por meio do processo de operação numérica, contido no programador LEGAL do SPRING (Fig. 2). Em termos práticos, o *software* utiliza as duas grades numéricas (L e S), confeccionadas individualmente nas fases descritas anteriormente, para a operação matemática (equação 3). Com isso, os valores do fator LS obtidos permaneceram dispostos espacialmente na área de estudo no formato de uma grade numérica e comporam a variável topográfica na equação final das perdas de solo (equação 1). Para a elaboração do mapa do fator LS, realizou-se no SIG o fatiamento da grade numérica e sua associação com as classes temáticas estabelecidas.

Metodologia utilizada para a determinação dos fatores C e P da EUPS

O fator Uso e Manejo do Solo (C) da EUPS corresponde a um índice que determina o quanto cada espécie de cobertura vegetal oferece de proteção ao solo ao longo de diferentes épocas do ano. Já o fator Prática Conservacionista (P) é representado por um índice que determina a relação entre as perdas de solo esperadas em um terreno cultivado com adoção de algumas práticas de conservação e aquelas em que o cultivo está sendo realizado sem métodos conservacionistas. Os valores utilizados para compor os fatores C e P no cálculo da EUPS foram obtidos a partir de dados fornecidos por Bertoni e Lombardi Neto (1999) e Fujihara (2002). No entanto, para a aferição desses valores ao banco de dados foi necessário construir um mapa de uso e ocupação do solo. Esse produto cartográfico foi construído com auxílio da interpretação visual de cenas mensais do sensor CBERS 2 e CBERS 2B, câmaras CDD e HRC respectivamente. Trabalhos de campo ajudaram a confirmar as informações extraídas nas imagens de satélite e a identificar a principal prática conservacionista existente nas áreas agrícolas.

Assim como no fator K da EUPS, todos os valores obtidos foram integrados ao mapa de uso do solo contido no banco de dados geográfico por meio do processo de ponderação, disposto no programador LEGAL do SPRING.

Resultados e Discussões

Fator R – Erosividade da chuva

Na tabela 1 pode-se observar os valores de precipitação pluviométrica média mensal e anual obtidos para a área de estudo.

Tabela 1 - Precipitação média mensal e anual obtida a partir da análise dos dados pluviométricos no período 1977-2007 da ECPU (Estação Climatológica Principal de Umuarama).

Precipitação média mensal em mm	135,7
Precipitação média anual em mm	1628,4

Os valores alcançados referentes ao índice de erosividade mensal e total, bem como a porcentagem normal e acumulada entre 1977 e 2007 podem ser observados na tabela 2.

Tabela 2 - Erosividade e sua porcentagem de distribuição mensal e anual no período 1977-2007 da área de estudo.

Mês	Mj.mm/ha.h	%	% acumulada
Janeiro	825,7	12,5	12,5
Fevereiro	614,6	9,3	21,8
Março	427	6,5	28,3
Abril	480,5	7,3	35,6
Mai	667,7	10	45,6
Junho	354,5	5,4	51
Julho	161,6	2,4	53,4
Agosto	138,8	2	55,4
Setembro	591,6	8,8	64,2
Outubro	782,3	11,7	75,9
Novembro	766	11,5	87,4
Dezembro	843,1	12,6	100
Total	6653,4	100	

Verifica-se que os meses de dezembro e janeiro apresentam os maiores valores enquanto que julho e agosto demonstram os menores índices de erosividade. Os três primeiros meses do ano e os três últimos são responsáveis por mais de 60% do valor total do índice de erosividade.

Fator erodibilidade dos solos (K)

A tabela 3 apresenta a área ocupada na bacia hidrográfica por cada classe de solo e os valores do fator K da EUPS atribuídos para cada tipo pedológico identificado. Nota-se que a maior parte da área de estudo é ocupada por Latossolo Vermelho e Argissolo Vermelho-Amarelo.

Tabela 3 - Área ocupada e índice de erodibilidade em t.h/Mj.mm atribuído para as classes de solos mapeadas na bacia hidrográfica – valores retirados de Bertoni e Lombardi Neto (1999), Prado e Nóbrega (2005) e Amorim e Silva (2009).

Tipos de Solo	Área ocupada em km ²	Erodibilidade em t.h/Mj.mm
Argissolo Vermelho Amarelo	63,2	0,0235
Latossolo Vermelho	109,3	0,0145
Gleissolo	8,02	0,0397
Cambissolo	0,1	0,50
Neossolo Quartzarênico	1,05	0,0368

Os solos com maior índice de erodibilidade encontram-se no setor nordeste e centro norte da bacia hidrográfica ou próximos da rede de drenagem ao sul da bacia. No restante da área de estudo predominam solos com menor erodibilidade localizados nos segmentos de alta e média vertente (Fig. 3). Apesar da variação do índice, ressalta-se que todos os solos presentes na bacia apresentam forte suscetibilidade natural à erosão devido às suas características físicas e morfológicas.

Fatores L - Comprimento de rampa e S - Declividade

De acordo com a EUPS, a integração entre os fatores L e S por meio da equação 3 é o que determinará a real influência da topografia no processo de perdas de solo por erosão laminar. A tabela 4 exibe a área ocupada pelas classes do fator LS na área de estudo. Nota-se que mais da metade da área da bacia hidrográfica apresenta índice do fator topográfico <2.

Tabela 4 - Área ocupada pelas classes do índice topográfico na bacia do córrego Pinhalzinho Segundo.

Índice do Fator Topográfico	Área ocupada em km ²
>4	46,87
2-4	43,91
0-2	91,48
Total	182,26

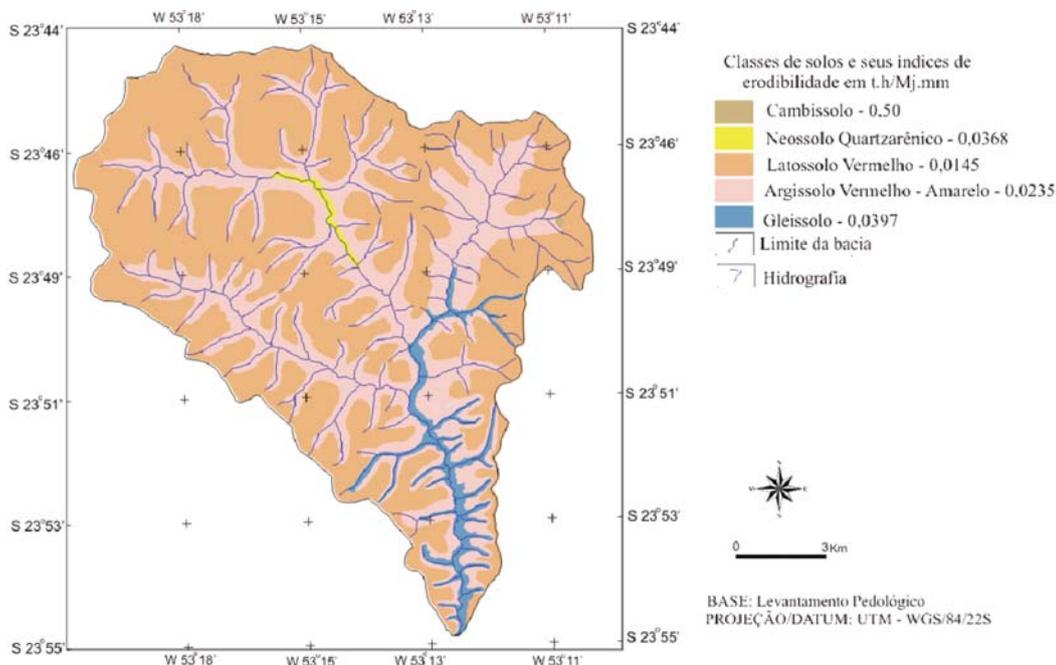


Figura 3 - Classes de solos e seus índices de erodibilidade da bacia do córrego Pinhalzinho Segundo.

Na Figura 4 pode-se observar a distribuição espacial dos valores numéricos obtidos por meio do cálculo dos fatores LS na área de estudo.

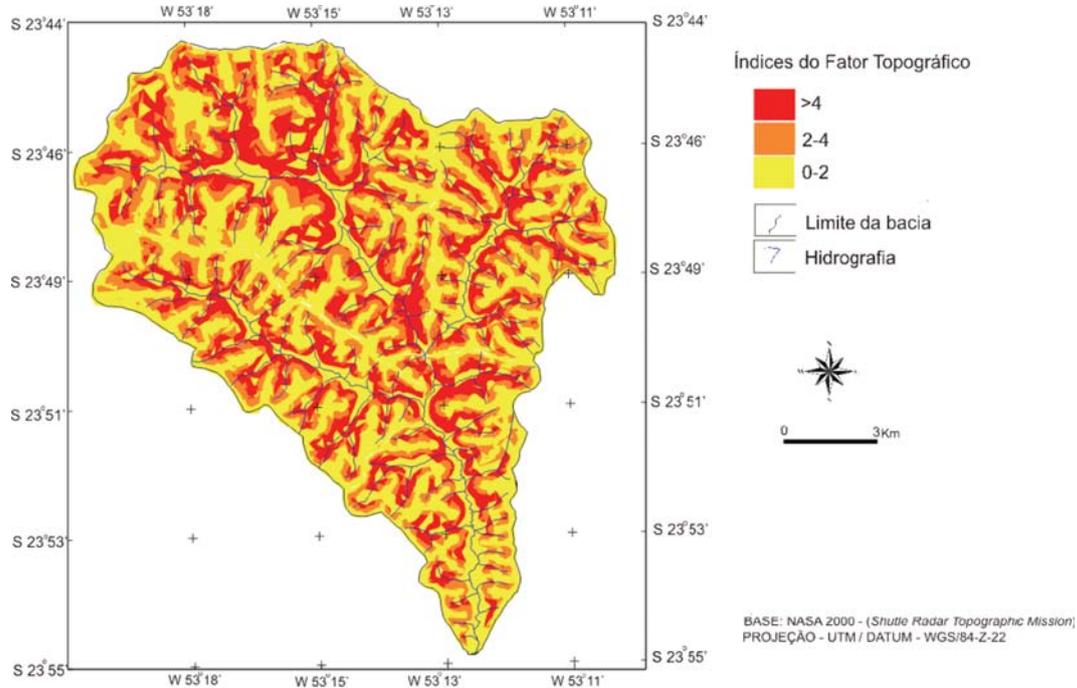


Figura 4 - Distribuição dos índices do fator LS na bacia do córrego Pinhalzinho Segundo.

Os locais com índice topográfico >4 localizam-se no terço inferior das vertentes e vales fluviais da bacia. Nos interflúvios, segmentos de alta vertente e topos o índice é, em geral, menor que 2. As áreas que apresentaram o intervalo compreendido entre 2 e 4 predominam nas posições de média vertente. Quanto maior o valor numérico do índice topográfico, maior será o potencial erosivo do escoamento superficial e consequente transporte de material que ocorrerá ao longo das vertentes.

Fatores C - Uso e Manejo do Solo e P - Prática Conservacionista

Os resultados obtidos por meio da interpretação visual das imagens de satélite e dos trabalhos de campo demonstram que o uso do solo predominante na bacia hidrográfica é a pastagem, seguida por locais com vegetação natural, área urbana, lavoura temporária, área agrícola permanente e corpos hídricos (Fig. 5).

A principal atividade conservacionista adotada nas áreas destinadas ao uso agrícola da bacia é o plantio em contorno. Na tabela 5 pode-se observar a área ocupada pelas classes de uso na área de estudo e os respectivos índices atribuídos aos fatores C e P da EUPS. Quanto maior o índice dos fatores C e P, maiores serão as perdas de solo nos referidos locais identificados.

Tabela 5 - Área ocupada pelas classes de uso na bacia hidrográfica e os respectivos índices do fator C e P da EUPS retirados de Bertoni e Lombardi Neto (1999) e Fujihara (2002).

Uso do solo	Área ocupada em km ²	Índice atribuído Fator C	Índice atribuído Fator P
Lago	0,19	0,0	1,0
Vegetação natural (campestre)	29,57	0,003	0,2
Área Urbana	17,74	0,005	1,0
Vegetação natural (florestal)	7,94	0,001	0,2
Cana-de-açúcar	12,68	0,1783	0,5
Soja	15,41	0,5	0,5
Pastagem	98,73	0,01	0,5
Total	182,26		

APLICAÇÃO DA EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO (EUPS) NA BACIA DO CÓRREGO PINHALZINHO SEGUNDO, NOROESTE DO PARANÁ

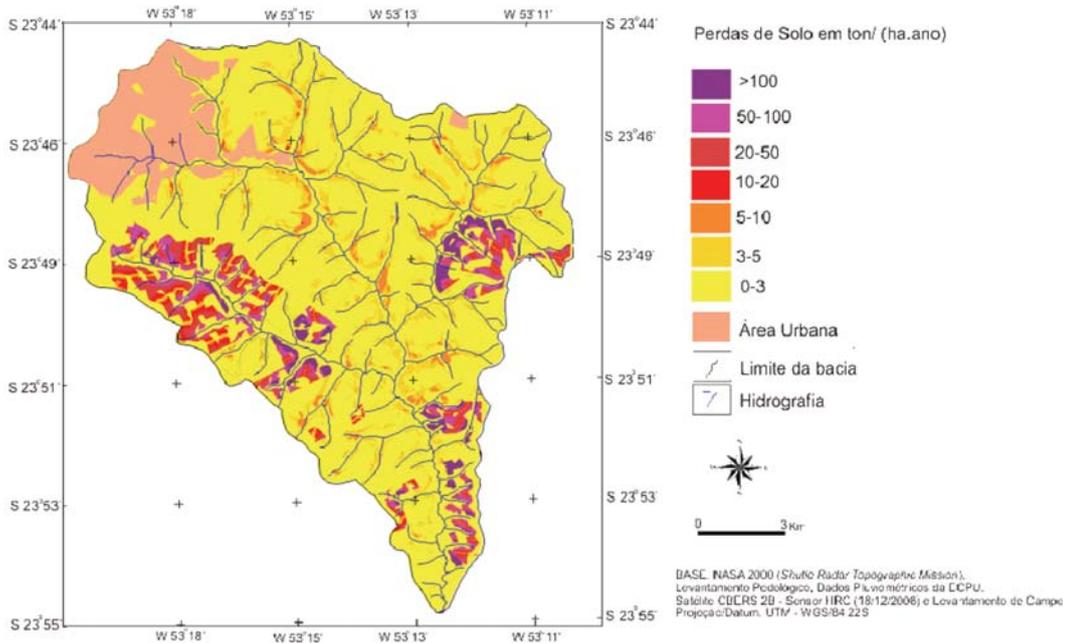


Figura 5 - Uso e ocupação do solo na bacia do córrego Pinhalzinho Segundo.

Estimativa de perdas de solo anual

Na tabela 6 pode-se observar o percentil normal, acumulado e área ocupada por cada classe de estimativa anual de perdas de solo na bacia do córrego Pinhalzinho Segundo. Nota-se que mais de 80% da área de estudo apresenta locais onde as perdas de solo são menores que 3ton/ (ha.ano).

Tabela 6 - Percentil normal, acumulado e área ocupada por cada classe de estimativa anual de perdas de solo na bacia do córrego Pinhalzinho Segundo.

Perdas de Solo em t/ (ha.ano)	Área ocupada em km ²	%	% acumulada
0-3	146,12	80,17	80,17
3-5	12,7	6,96	87,13
5-10	4,43	2,43	89,56
10-20	2,44	1,33	90,89
20-50	5,84	3,27	94,16
50-100	5,31	2,92	97,08
>100	5,31	2,92	100
Total	182,26	100	

A figura 6 exhibe a distribuição espacial dos valores de perdas de solo por erosão laminar estimados para a área de estudo.

Uma comparação entre as figuras 3, 4, 5 e 6 permite verificar que os locais onde as perdas anuais de solo são menores que 3ton/ (ha.ano) situam-se sobre o Latossolo Vermelho de textura arenosa ou sobre o Argissolo Vermelho-Amarelo, com fator topográfico <2 ou entre 2 e 4. São locais providos de cobertura vegetal ao longo do ano como pastagem e áreas de vegetação natural, que oferecem proteção ao solo e funcionam como um amenizador do impacto das gotas de chuvas. A cobertura vegetal nessas áreas aliadas às características do relevo favorece a dispersão e diminuição da velocidade do escoamento superficial, ocasionando as baixas perdas de solo por erosão laminar.

As perdas de solo compreendidas entre os 3-5 e 5-10ton/ (ha.ano) estão associadas aos vales fluviais da bacia sobre o Argissolo Vermelho-Amarelo, Gleissolo e Neossolo Quartzarênico com fator topográfico <2 ou entre 2 e 4. São locais destinados às áreas de proteção permanente com cobertura vegetal de porte arbóreo e campestre.

Os locais onde ocorrem perdas de solo entre 10-20, 20-50, 50-100 e >100ton/ (ha.ano) situam-se em áreas destinadas ao uso agrícola sobre o Latossolo Vermelho, o Argissolo Vermelho-Amarelo e o Gleissolo. São regiões que se encontram desprovidas de cobertura vegetal em certos períodos do ano devido à sazonalidade agrícola, que ficam expostas à erosividade da chuva nos meses de verão e com fator topográfico variando entre 2 e 4 ou >4.

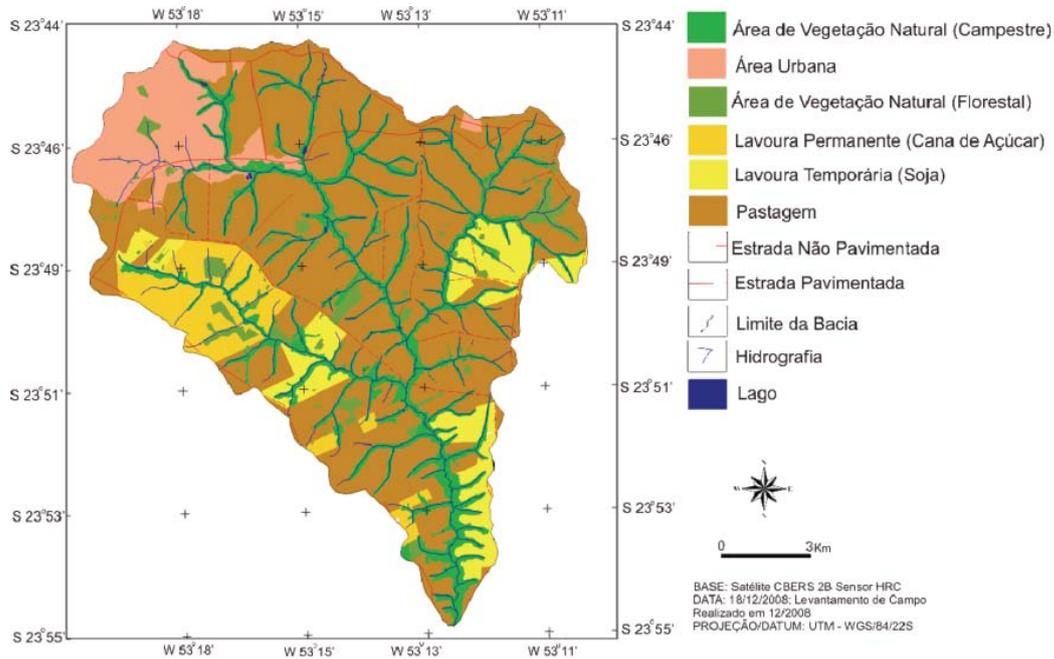


Figura 6 - Estimativa anual de perdas de solo da bacia do córrego Pinhalzinho Segundo.

A figura 7 exibe algumas áreas da bacia hidrográfica classificadas de acordo com a Equação Universal de Perdas de Solo.

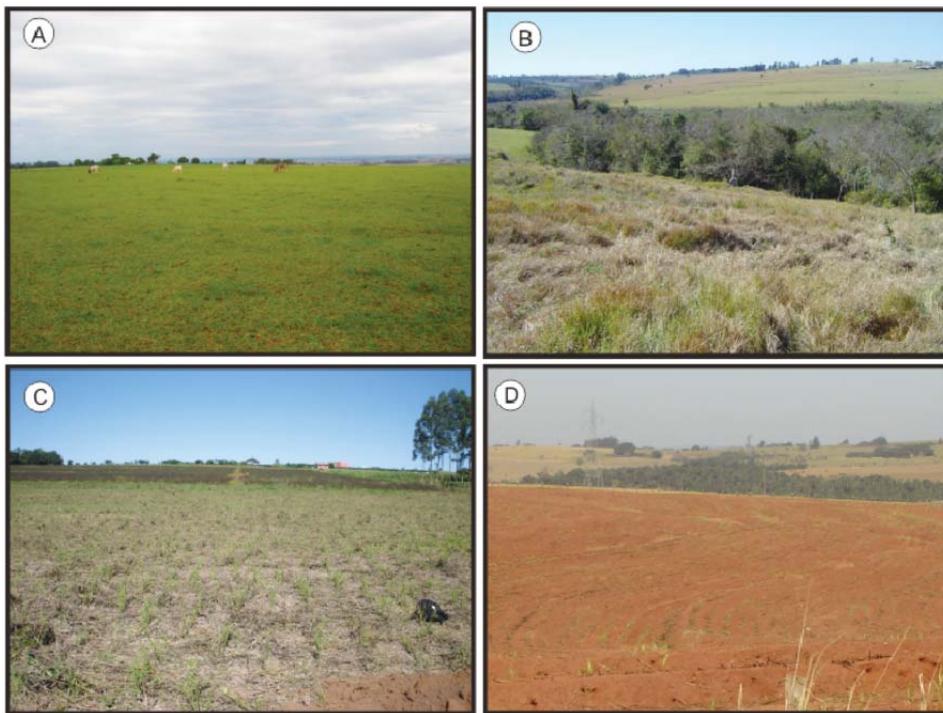


Figura 7 - Fotos ilustrativas dos locais classificados segundo a Equação Universal de Perdas de Solo: (A) Área destinada à pastagem em Latossolo Vermelho com fator topográfico <2 – Perda estimada <3 ton/ha.ano; (B) Área de proteção permanente sobre Argissolo Vermelho – Amarelo e Neossolo Quartzarênico com fator topográfico entre 2 e 4 – Perda estimada 3 a 5 ton/ha.ano; (C) Local destinado à agricultura temporária em Argissolo Vermelho – Amarelo com fator topográfico <2 – Perda estimada – 10 a 20 ton/ha.ano; (D) Local destinado à agricultura temporária em Latossolo Vermelho com fator topográfico entre 2 e 4 – Perda estimada – 20 a 50 ton/ha.ano.

Considerações Finais

A aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo em ambiente SPRING proporcionou um conhecimento considerável sobre os fatores utilizados (R, K, LS, C e P) e os processos decorrentes que atuam no fenômeno estudado. Os dados alcançados oferecem subsídios para se estabelecer uma identificação das áreas com maiores tendências às perdas de solo na bacia hidrográfica.

A análise geral dos dados obtidos permite concluir que os valores relativamente baixos de perdas de solo obtidos na simulação realizada se devem, principalmente, ao predomínio de áreas destinadas à pastagem e ao relevo pouco rugoso existente na bacia hidrográfica. Nas simulações realizadas onde as condições topográficas, os tipos de solo e os valores de erosividade são iguais e somente o uso do solo é diferente, ou seja, locais destinados às áreas agrícolas temporárias, os valores de perdas de solo obtidos são muito maiores. Isso ocorre devido às peculiaridades biofísicas das culturas plantadas e à exposição dos solos à erosividade das chuvas existentes ao longo dos períodos compreendidos entre as safras.

Os resultados obtidos ratificam a contribuição das técnicas de geoprocessamento para a execução dos objetivos sugeridos. A aplicação do modelo matemático em ambiente SIG proporcionou a obtenção e o armazenamento de informações espaciais, permitiu a realização de algumas simulações de dados ambientais e a confecção de diversos mapas temáticos da área de estudo.

Campagnoli (2006) utilizou dados geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climáticos e de uso e ocupação do solo para estimar a produção de sedimentos na América do Sul, na escala de 1:5.000.000. Os valores determinados por este autor para o noroeste do Paraná variam entre 0 a 5, 5 a 70 e 70 a 200ton/ (ha.ano). Prado e Nóbrega (2005) aplicaram a EUPS em uma bacia hidrográfica no noroeste do Paraná com condições geoecológicas semelhantes às da área de estudo e determinaram que mais de 80% do total da área estudada por eles apresenta locais onde as perdas de solo variam entre 0 e 5ton/(ha.ano). Os resultados desta pesquisa estão entre os intervalos encontrados nestes trabalhos citados.

Finalmente, acredita-se que este trabalho traz algumas contribuições para se determinar perdas de solo por erosão laminar a partir da Equação Universal de Perdas de Solo, sistematizada no SPRING para a região noroeste do Estado do Paraná.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio financeiro da Fundação Araucária Convênio 319/2007 e do CNPq Processo nº 473253/2007.

Referências Bibliográficas

- AMORIM, R.F.; SILVA, F.M. Modelagem do processo de vulnerabilidade à erosão do solo utilizando o SPRING. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal, **Anais...**p. 5073-5080.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4ª Ed. São Paulo: Ícone, 1999. 480p.
- BRUSSAARD, H.G. Effects of compaction on soil biota and soil biological processes. In Soane, B.D. e van Ouwerkerk, C. **Soil compaction in crop production**. Amesterdan: Elsevier, 1994, p.215-231.
- CAMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. SPRING: Interacting remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v.20 n.3, p. 395-403, 1996.
- CAMPGNOLI, F. Production of Sediments from South America: a proposal of erosion rates mapping based on geological and geomorphological data characteristics. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v7 n.1, p.3-8, 2006.
- CARSON, M.A.; KIRKBY, M.J. **Hillslope form and process**. Oxford, Cambridge University Press, 1975. 475p.
- CUNHA, J.E. **Caracterização morfológica (macro e micro) e comportamento físico hídrico de duas topossequências em Umuarama: subsídio para avaliação dos processos erosivos**. 1996. 130f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – FFLCH – Departamento de Geografia, USP, São Paulo, 1996.
- FERNANDES, L.A. **A cobertura cretácea suprabasáltica no Paraná e pontal do Paranapanema (SP): os grupos Bauru e Caiuá**. 1997. 129f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, USP, São Paulo-SP, 1997.
- FUJIHARA, A.K. **Predição de erosão e capacidade de uso do solo numa microbacia do oeste paulista com suporte de geoprocessamento**. 2002. 136f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba – SP, 2002.
- GASPARETTO, N.V.L. **As formações superficiais do noroeste do Paraná e sua relação com o Arenito Caiuá**. 1999. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, USP, São Paulo-SP, 1999.
- GREENLAND, D.J.; LAL, R. **Soil conservation and management in the humid tropics**. 1ª Ed. London: John Wiley & Sons Ltda, 1977. 283p.
- IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 1ª Ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1992.
- INPE. **Catálogo de Imagens**. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em: 23 ago. 2008.
- KIRKBY, M.J; MORGAN, R.P.C. **Soil Erosion**. 1ª Ed. New York: John Wiley & Sons Ltda, 1980. 316p.

- KÖPPEN, W. **Climatologia con un estudio de los climas de la tierra**. México: FCE, 1948. 479p.
- LAL, R. Physical Management of soil of the tropics: priorities for the 21st century. **Soil Science**. v.165, p.191-203, 2000.
- LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. In: Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo, 1980, Recife, 1980. **Anais...**p1- 13.
- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 1ª Ed. Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná, 1968. 450p.
- MARTINS, V.M. **Caracterização morfológica e da circulação hídrica dos solos da cabeceira de drenagem do córrego Bom Jesus no município de Cidade Gaúcha**. 2000. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – FFLCH – Departamento de Geografia, USP, São Paulo, 2000.
- NAKASHIMA, P. **Sistemas pedológicos da região noroeste do Paraná: Distribuição e subsídios para o controle da erosão**. 1999. Volume I. Tese (Doutorado em Geografia Física) – FFLCH – Departamento de Geografia, USP, São Paulo, 1999.
- NASA. **Jet Propulsion Laboratory**. Disponível em: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>. Acesso em 13 mar. 2008.
- PRADO, J.P.B; NÓBREGA, M.T, Determinação de perdas de solo na bacia hidrográfica do córrego Ipiranga em Cidade Gaúcha, Estado do Paraná, com aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS). **Acta Scientiarum Technology**, v.27 n1, p.33-42, 2005.
- SANTOS, L.J.C.; CHISATO, O.F.; CANALI, E.; FIORI, A.P.; SILVEIRA, C.T.; SILVA, J.M.F.; ROSS, J.L.S. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v7 n.2, p.3-12, 2006.
- SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B.; FÚLVARO, V. J.; SOBREIRO NETO, A. F. Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. **Revista Brasileira de Geociências**, v.10 n.3, p. 177-185, 1980.
- SOUZA, M.L. **Proposta de um Sistema de Classificação de Feições Erosivas Voltadas à Estudos de Procedimentos de Análises de Decisões Quanto a Medidas Corretivas, Mitigadoras e Preventivas: aplicação no município de Umuarama (PR)**. 2001. 284f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – UNESP, Rio Claro, 2001.
- SOUZA, M.L.; GASPARETTO, N.V.L.; NAKASHIMA, P. Diagnóstico geoambiental da bacia do córrego Tenente em Mariluz, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38 n.2, p. 379-391, 2008.
- SOUZA, V. **Estimativa de perdas de solo por erosão laminar na bacia do córrego Pinhalzinho Segundo com suporte de Geoprocessamento**. 2010. 63f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia. UEM, Maringá, 2010.
- VALERIANO, M. M. **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul**. São José dos Campos, SP: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-10550-RPQ/756). 2004. 72p.
- SUMMERFIELD, M. A. **Global Geomorphology: An Introduction to the Study of Land forms**. 1ª Ed. Michigan: Longman Scientific & Technical, 1991. 537p.
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington: United States Department of Agriculture, 1978. 58p.