

Determinação da perda de solos por erosão laminar na bacia hidrográfica do arroio Marrecas, RS, Brasil

Determination of soil loss by laminar erosion in the hydrographic basin of stream Marrecas, RS, Brazil

G. Cemin¹; E. Périco²; V. E. Schneider¹; A. R. Finotti¹

¹Instituto de Saneamento Ambiental, Universidade de Caxias do Sul, 95070-560, Caxias do Sul-RS, Brasil

²Laboratório de Ecologia e Sensoriamento Remoto, Centro Universitário Univates, 95900-000, Lajeado-RS, Brasil
perico@univates.br

(Recebido em 11 de julho de 2012; aceito em 14 de janeiro de 2013)

O assoreamento de um reservatório está diretamente relacionado com a erosão dos solos e, quanto maior a quantidade de sedimento aportado para o seu interior, menor sua capacidade de armazenamento e consequentemente, vida útil. Como é muito dispendioso monitorar a erosão em toda a bacia hidrográfica, utiliza-se a modelagem matemática. A Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) foi elaborada visando prever perdas de solos médias em períodos longos e condições específicas. O objetivo do presente trabalho foi de aplicar a EUPS na bacia do Arroio Marrecas, no Rio Grande do Sul, visando estimar a geração de sedimentos por meio de erosão laminar. O cálculo da EUPS foi realizado através do uso de SIG (Sistema de Informações Geográficas). Os resultados indicam que a bacia em estudo apresenta baixa geração de sedimentos por erosão laminar, apresentando maior parte da sua extensão inserida nas classes com muito baixa a baixa perda de solos. A utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), associados a dados de Sensoriamento Remoto e Cartografia Digital, permitiu a obtenção dos fatores que compõem a EUPS, possibilitando a análise espacial da geração de sedimentos na bacia, fornecendo subsídios para a seleção de práticas conservacionistas.

Palavras-chave: Equação Universal de Perda de Solo; SIG; conservação

The reservoir silting is directly related to soil erosion and the greater the amount of sediment contributed to its interior, lower storage capacity and therefore lifetime. Since it is very expensive to monitor erosion throughout the watershed, it is common the use of mathematical modeling. The Universal Soil Loss Equation (USLE) was developed in order to predict soil loss averages over long periods and conditions. The aim of this study was to apply the USLE in the Marrecas' basin to estimate the generation of sediment through laminar erosion. The USLE calculation was accomplished through the use of GIS (Geographic Information System). The results indicate that the study watershed has a low generation of sediment by laminar erosion, with most of its length inserted into classes with very low to low soil loss. The use of Geographic Information Systems (GIS), coupled with Remote Sensing and Digital Cartography, allow obtaining the factors that make up the USLE, enabling the generation of spatial analysis of sediments in the basin, supporting the selection of conservation practices.

Keywords: Universal Soil Loss Equation ; SIG; conservation

1. INTRODUÇÃO

A mudança do estado de equilíbrio do fluxo de um curso d'água ocasionada pela construção de uma barragem conduz uma série de transformações no processo fluvial. Dentro do reservatório, a deposição de partículas sólidas trazidas pelo escoamento, é uma delas. É fato que qualquer reservatório, independente de sua finalidade (abastecimento de água, geração de energia, irrigação ou controle de cheias) está sujeito a ter sua capacidade de armazenamento reduzida devido ao assoreamento [6].

O assoreamento de um reservatório está diretamente relacionado com a erosão dos solos. Quanto maior for a geração de sedimentos pelos processos erosivos a montante do reservatório, maior é a quantidade de sedimento aportado para o seu interior, diminuindo assim, sua capacidade de armazenamento e consequentemente, vida útil.

O processo de erosão hídrica compreende três fatores físicos distintos: desagregação, transporte e deposição: desagregação compreende o processo de redução e individualização das partículas agregadas do solo causados pelo impacto das gotas de chuva; as partículas desagregadas salpicam com as gotículas de água e retornam a superfície, selando-a e reduzindo a infiltração; inicia-se a segunda fase do processo (transporte); quando a energia do fluxo superficial, que depende do volume e velocidade da água, não é suficiente para transportar o material sólido, este se deposita, caracterizando a terceira fase do processo (deposição) [12].

Para se tentar exprimir a ação dos principais fatores que exercem influência na erosão hídrica, existem os modelos de erosão, que são descrições matemáticas usadas para representar os processos erosivos [15]. Segundo Cochrane e Flamagan [7] é muito dispendioso e impraticável monitorar a erosão em toda a bacia hidrográfica, por isso a necessidade de prever a erosão com o uso de modelagem matemática.

Um modelo que trata sobre esse assunto é a *Universal Soil Loss Equation* (USLE) [23], adaptada para o Brasil por Bertoni e Lombardi Neto [2] denominada como Equação Universal de Perda de Solo (EUPS). A equação foi elaborada visando prever perdas de solos médias em períodos longos e condições específicas. A equação exprime a ação dos principais fatores que influenciam a erosão hídrica, sendo expressa em função de seis variáveis ambientais e de manejo.

A maior limitação ao uso de modelagem matemática para a predição de erosão dos solos consiste na dificuldade em trabalhar com uma grande quantidade de informações que descrevem a heterogeneidade da paisagem. Por esta razão, o uso Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) aliado ao Sensoriamento Remoto, Sistemas de Posicionamento Global (GPS) e Cartografia Digital torna-se de suma importância para a geração de informações que subsidiem estratégias de planejamento que visem o uso e o manejo racional do solo.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi de aplicar a Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) na bacia do Arroio Marrecas visando estimar a geração de sedimentos por meio de erosão laminar.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do Arroio Marrecas está inserida entre os municípios de Caxias do Sul e São Francisco de Paula, no nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, abrangendo uma área de aproximadamente 5.617 ha (Figura 1).

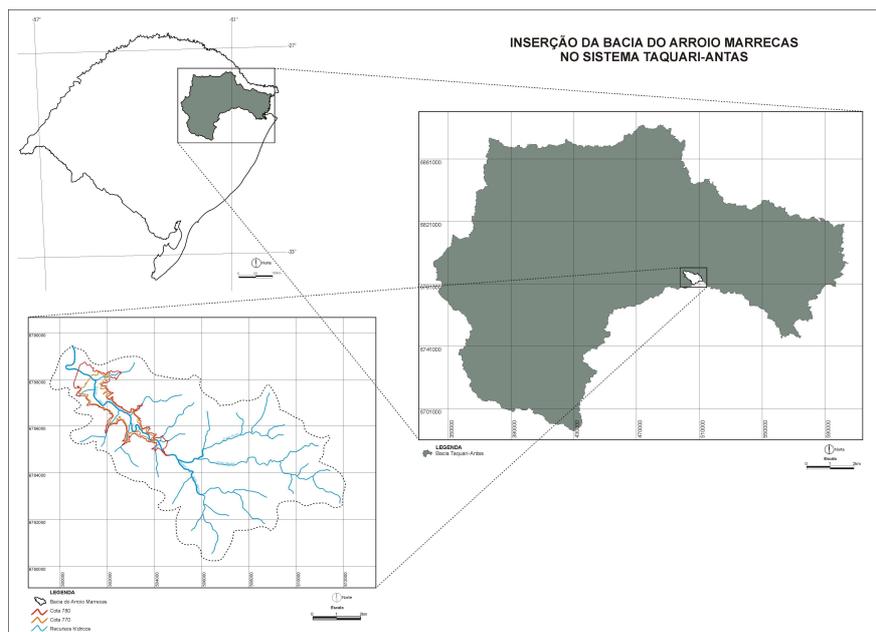


Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do Arroio Marrecas, RS.

O clima da bacia hidrográfica do Arroio das Marrecas apresenta elementos típicos de clima do tipo Cfb segundo a classificação de Koepen. As chuvas são bem distribuídas ao longo do ano com valores mensais que superam 100mm. A precipitação média anual fica na ordem de 1600mm. As temperaturas médias se apresentam baixas no inverno e mais altas no verão, mas raramente se mostram acima de 25°C, ficando abaixo de 10°C de maio a agosto.

A bacia apresenta dois tipos de solo: Cambissolos e Nitossolos. Os Cambissolos são de maior ocorrência na área em estudo, sendo solos que ocorrem em regiões com alta pluviosidade e com baixas temperaturas, favorecendo o acúmulo de matéria orgânica. As condições de drenagem variam de moderadamente drenados a imperfeitamente drenados, dependendo da posição que ocupam na paisagem. Apresentam aptidão para culturas anuais e fruticultura de pequena extensão, bem como a silvicultura, porém para o uso agrícola, as condições de baixa fertilidade e de relevo limitado, exigem práticas conservacionistas intensivas e aplicação de fertilizantes. Os Nitossolos são solos profundos, bem drenados, muito porosos, friáveis e bem estruturados, associadas às condições de relevo, apresentam boas aptidões agrícolas, desde que corrigidas as limitações de fertilidade [9].

Para análise foram utilizadas cartas planialtimétricas do Ministério do Exército – Departamento de Engenharia e Comunicações (Brasil. Ministério do Exército, 1979), em escala 1:50.000, referentes as folhas SH.22-V-D-III-2 (Caxias do Sul) e SH.22-X-C-I-1 (Oliva) na escala 1:50.000, imagem do satélite CBERS 2 (sensor CCD), bandas 1 (azul), 2 (verde), 3 (vermelho) e 4 (infravermelho próximo), referente a órbita-ponto 157-132, da passagem de 09/02/2007, curvas de nível em formato digital, na escala 1:50.000, extraídas do trabalho elaborado por Hasenack e Weber [11] para a Serra Gaúcha, mapa de solos na escala 1:50.000 elaborado por Sarmiento *et al.* [10] para a região da Serra Gaúcha, dados de chuva da Estação Pluviométrica Seca, referente ao período de 1950 a 2000 e Software de Sistemas de Informação Geográfica Idrisi 32 [8].

Para o cálculo da produção de sedimentos na bacia por erosão laminar foi empregada a Equação Universal de Perda de Solo – EUPS ou USLE (*Universal Soil Loss Equation*), conforme apresentado abaixo (1):

$$A = R.K.L.S.C.P \quad (1)$$

Em que:

A: estimativa de perda de solo em t/ha.ano;

R: erosividade da chuva em MJ.mm/(ha.h.ano), fator que expressa a capacidade da chuva em provocar erosão;

K: erodibilidade dos solos em t.h/(MJ.mm), fator relativo às propriedades inerentes ao solo, tais como textura, estrutura, matéria orgânica e permeabilidade, refletindo sua maior ou menor susceptibilidade à erosão;

L: fator relativo ao comprimento de declive da encosta (adimensional);

S: fator relativo à declividade da encosta (adimensional);

C: fator relativo ao uso e manejo dos solos, variando desde zero, para coberturas que proporcionam uma proteção total do solo, a 1, para solos inteiramente expostos (adimensional);

P: fator relativo à prática conservacionista adotada (adimensional).

O cálculo da USLE foi realizado através do uso de SIG (Sistema de Informações Geográficas), o que permitiu o processamento e a integração das informações de cada uma das variáveis envolvidas, apresentando o resultado na forma de mapas. As variáveis que compõem a EUPS, bem como o método utilizado para o cálculo dos respectivos índices são:

a) Fator erosividade das chuvas (R)

O Fator R expressa a capacidade da chuva, em uma dada região, de causar erosão em uma área sem proteção. O índice de erosividade da chuva pode ser estimado a partir de dados de pluviômetros, através da equação (2) (Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) *apud* Lombardi Neto (1996)), como segue:

$$EI_{\text{mensal}} = 89,823.(P_m^2 / P_a)^{0,759} \quad (2)$$

Em que:

EI_{mensal} : média mensal do índice de erosão em MJ.mm/(h.ha) para o mês considerado;

P_m : precipitação média mensal em milímetros (mm) do mês considerado;

P_a : precipitação média anual, em milímetros (mm).

Para a estimativa da erosividade da chuva foram utilizados os dados da Estação Pluviométrica Seca, que está inserida na área da bacia, compondo uma série histórica 50 anos de observações. Assim, obteve-se um único valor para o Fator R para toda a extensão da bacia.

b) Fator erodibilidade do solo (K)

O Fator K apresenta variação dependendo das características intrínsecas do material que constitui cada tipo de solo. Segundo Silva *et al.* [19] alguns solos são mais facilmente erodidos que outros, mesmo quando o declive, a precipitação, a cobertura vegetal e as práticas de manejo sejam as mesmas. Essa diferença é devido às propriedades inerentes ao solo que afetam a maior ou a menor facilidade à erosão. Estas propriedades estão relacionadas à velocidade de infiltração, permeabilidade, capacidade de armazenamento, resistência às forças de dispersão, salpico, abrasão e transporte pela chuva e escoamento [16]. Um método indireto para calcular o valor do Fator K é a utilização do monograma proposto por Wischmeier *et al.* [22] Para facilitar o trabalho, foi utilizado uma aproximação do monograma, desenvolvido por ARS-USDA (1994) expresso pela equação (3):

$$K = (2,1.10^{-4} . M^{1,14} . (12 - ka) + 3,25 (kb - 2) + 2,5 (kc - 3)) . 0,001317 \quad (3)$$

Em que:

K: erodibilidade do solo em (t/ha)/(MJ/ha).(mm/h);

M: (% de silte + areia muito fina) x (100 - % argila);

Ka: % de matéria orgânica;

Kb: coeficiente relativo à estrutura do solo (b=1 para estrutura granular muito fina; b=2 para estrutura granular fina; b=3 para estrutura granular média ou grossa; b=4 para estrutura em blocos, laminar ou massiva);

Kc: classe de permeabilidade (c=1 para permeabilidade rápida; c=2 para permeabilidade moderada a rápida; c=3 para permeabilidade moderada; c=4 para permeabilidade lenta a moderada; c=5 para permeabilidade lenta; c= 6 para permeabilidade muito lenta).

Na bacia do Arroio Marrecas ocorre o predomínio de Cambissolo, abrangendo aproximadamente 97% da bacia, seguido por Nitossolo.

c) Fator Topográfico (LS)

O Fator LS é constituído por duas variáveis, o comprimento de rampa (L) e a declividade (S). O aumento do comprimento de rampa acelera a erosão, pois aumenta o volume de água que escoar através de uma secção transversal á vertente e, conseqüentemente, aumenta a capacidade de desagregar e carrear partículas de solo.

Para o cálculo do comprimento de rampa e declividade foi utilizada a metodologia proposta por Rocha *et al.* [8], baseado no cruzamento dos mapas de declividade e orientação de vertentes. A combinação dos valores de L e S foi calculada através da equação (4) proposta por Bertoni e Lombardi Neto [2] apresentada abaixo:

$$LS = 0,00984 \cdot L^{0,63} \cdot S^{1,18} \quad (4)$$

Em que:

LS: Fator topográfico

L: Comprimento de rampa (m);

S: Declividade em porcentagem.

d) Fator uso e manejo do solo (C) e práticas conservacionistas (P)

O fator CP é a relação esperada entre as perdas de solo em áreas com cultivos e vegetação, com áreas descobertas. A redução da erosão vai depender do tipo de cultura e manejo adotado, da quantidade de chuvas, da fase do ciclo vegetativo entre outras variáveis, cujas combinações apresentam diferentes efeitos na perda de solo [20].

A cobertura vegetal exerce uma importante função na atenuação das perdas de solo, constituindo um sistema natural contra a erosão. Segundo Bertoni e Lombardi Neto [3] os efeitos da vegetação podem ser assim apresentados: proteção indireta contra o impacto das gotas de chuva; dispersão da água, interceptando-a e evaporando-a antes que atinja o solo; decomposição das raízes das plantas que, formando canalículos no solo, aumentam a infiltração, melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando assim sua capacidade de retenção de água; redução da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento da infiltração.

A obtenção do fator C foi através do processamento e interpretação da imagem de satélite. A imagem foi georreferenciada utilizando como base as cartas do exército, onde foram coletados pontos de coordenadas planas que coincidiam na carta e na imagem, como cruzamento de estradas. Para a transformação das coordenadas foi empregado um polinômio linear de 1º grau e reamostragem dos pixels pelo método do vizinho mais próximo, obtendo-se a imagem corrigida segundo a projeção cartográfica utilizada, que no presente estudo foi UTM (*Universal Transversa de Mercator*), Zona 22S, Datum SAD 69. Para a classificação da imagem foram utilizadas as bandas 1, 2, 3 e 4 e empregadas no algoritmo de classificação não supervisionado *Isoclust*. Foram encontradas 5 classes de uso e cobertura do solo correspondente a mata, solo descoberto, lavouras diversas, campo nativo e lâmina d'água.

O fator práticas conservacionistas (P) é a relação entre a intensidade esperada de perda de solo com determinada prática conservacionista e aquelas quando a cultura está plantada no sentido do declive. As práticas conservacionistas mais comuns para as culturas anuais são os plantios em contorno, plantios em faixas de contorno, terraceamento e alternância de capinas (Paiva, 2001). Ao fator P atribuiu-se valor de 1, considerando que não há a adoção de práticas conservacionistas nas áreas de lavouras diversas e solo descoberto em toda a extensão da bacia.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a precipitação média mensal e o fator de erosividade da chuva (R) calculado. Os meses que tiveram maior precipitação apresentaram os maiores valores de erosividade, sendo eles: janeiro, agosto e setembro. Avaliando sazonalmente, o Fator R alcançou o maior valor no inverno (meses de julho, agosto e setembro) e o menor valor no outono (meses de abril, maio e junho).

menores declividades. As classes de 3 †4, 6 †8 e 10 †15 ocupam áreas semelhantes, assim como as classes de 1 †2, 2 †3 e 15 †20. A menor área é ocupada pela classe ≥ 20 , recobrando apenas 2,67% da área da bacia. A média do ângulo médio das rampas foi de aproximadamente 9° e a média do comprimento de rampa foi de 4 metros. Neste sentido, pode-se inferir que a bacia apresenta uma área consideravelmente mais plana a moderadamente ondulada, com fator LS baixo, seguido por áreas que variam desde moderadamente onduladas a onduladas, sendo o percentual distribuindo quase que igualitário entre estas classes. Sabe-se que a declividade e o comprimento de rampa são determinantes na velocidade do escoamento superficial e no potencial de transporte das partículas de solo. Sendo assim, aquelas áreas que apresentam maior declividade e comprimento de rampa acentuado, são as que apresentam maior potencial a sofrerem com os processos erosivos.

A Tabela 2 apresenta os dados de uso e cobertura do solo e os fatores uso e manejo do solo (C) e práticas conservacionistas (P) da bacia. Verifica-se que ocorre o predomínio de campo nativo, formação vegetal original do local (eco-região do Bioma Mata Atlântica), com 45,83%, seguido por mata nativa (33,80%), sendo esta encontrada na forma de fragmentos e de mata de galeria. As áreas que mais contribuem para a geração de sedimentos (erosão dos solos), são constituídas pelo solo descoberto e as lavouras diversas, as quais somam aproximadamente 20% da área de estudo. Tal afirmação se justifica pelo fato da cobertura vegetal ter por função a interceptação das gotas de chuva, dissipando a energia cinética da queda, evitando o impacto direto no solo, o que desfavorece a desagregação das partículas de solo e seu posterior transporte e deposição em áreas mais planas. As práticas conservacionistas consistem em técnicas que visam a minimização e o controle da erosão dos solos. Para o presente trabalho adotou-se valores tabelados para cada classe, conforme mostrado em Paiva [16].

Tabela 2: Dados de uso e cobertura do solo e do fator manejo do solo e práticas conservacionista (CP) para a bacia do arroio Marrecas, RS.

Classe	Área (ha)	%	Fator CP*
Mata	1899,00	33,80	0,001
Campo nativo	2574,76	45,83	0,011
Lavouras diversas	547,44	9,75	0,4933
Solo descoberto	574,72	10,25	1,00
Lâmina d'água	20,68	0,37	0,00
TOTAL	5.617,60	100	

*Adaptado de Bertoni e Lombardi Neto [4] e Lencastre e Franco [13].

Depois de calculados todos os fatores que compõem a EUPS foram possíveis calcular os valores das perdas de solos por erosão laminar na bacia em estudo. Este mapa foi dividido em 7 classes de suscetibilidade a erosão, variando de desde muito baixa até muito forte, conforme Ribeiro e Alves [17]. A Figura 3 apresenta a espacialização do índice de perdas anuais de solos na bacia.

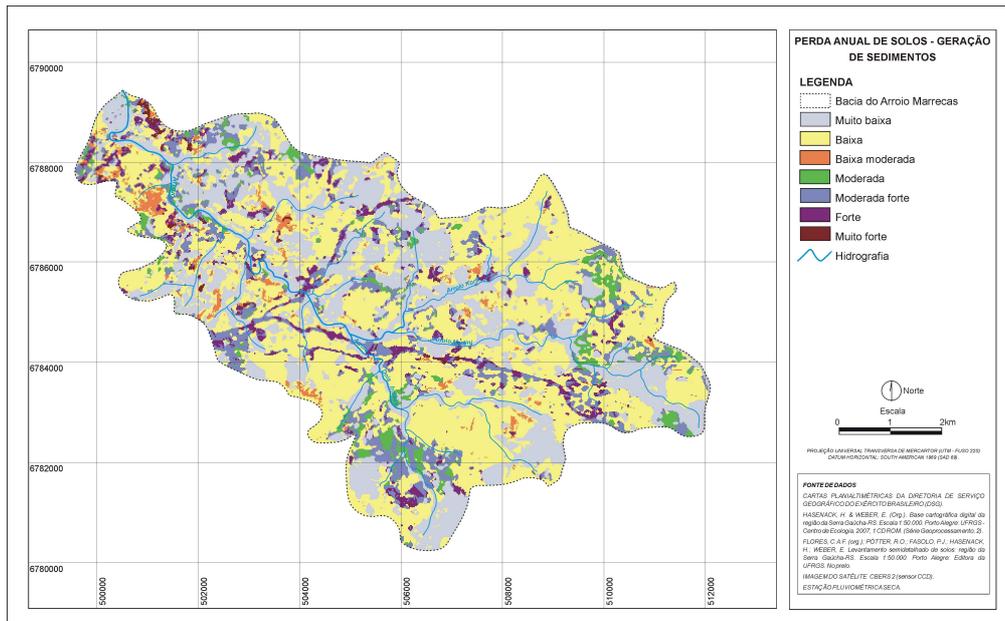


Figura 3: Espacialização dos índices de perda anual de solos na bacia do arroio Marrecas, RS

A partir da análise dos resultados da perda anual de solos na bacia do Arroio Marrecas, verificou-se que em torno e 78% da área apresenta potencial de erosão muito baixa a baixa. Aproximadamente 10% da bacia apresenta erosão moderada forte, sendo que estas áreas são representadas por solo descoberto, localizado, principalmente junto as estradas. Esses baixos valores se justificam pelas características da bacia, como a presença de poucas áreas com declividades acentuadas, como verificado no Fator LS e pela pouca atividade antrópica, o que pode ser observado na Tabela 2, a qual mostra que aproximadamente 80% da área bacia hidrográfica se encontra coberta pela vegetação original (campo e mata nativa).

4. CONCLUSÃO

Os resultados indicam que a bacia em estudo apresenta baixa geração de sedimentos por erosão laminar, apresentando maior parte da sua extensão inserida nas classes com muito baixa a baixa perda de solos.

1. ARS-USDA (Agricultural Research Service). *Predicting Soil Erosion by Water: A guide to conservation planning with the revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. *Agriculture Handbook*, n. 703, p. 1-23, 1994.
2. BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do Solo*. São Paulo: Ícone, 1990, 355p.
3. BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do Solo*. 3. ed. São Paulo: Ícone, 1993, 352p.
4. BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do Solo*. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999, 355p.
5. BRASIL. Ministério do Exército - Departamento de Engenharia e Comunicações. Diretoria do Serviço Geográfico do Exército - DSG. *Folhas: SH.22V-D-III-2 (Caxias do Sul), SH.22-X-C-I-1 (Oliva): cartas topográficas*. Escala 1:50.000. Porto Alegre, 1979.
6. CHELLA, M. R.; OTA, J. J.; POVH, P. H. 2003. *Simulação Física do Transporte de Sedimentos e Assoreamento em Reservatórios*. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, Porto Alegre, 2003, p. 1-3.
7. COCHRANE, T; FLAMAGNAN, D. C. Assessing water erosion in small watersheds using WEPP with GIS and digital elevations models. *Journal of Soil and Water Conservation*, n. 54, p.678-685, 1999.
8. EASTMAN, J. R. *Idrisi for Windows: Introdução e Exercícios Tutoriais*. Porto Alegre: UFRGS/Centro de Recursos Idrisi, 1998, 245p.
9. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006, 306 p.

10. SARMENTO, E. C.; FLORES, C. A.; WEBER, E. J. ; HASENACK, H. ; PÖTTER, R. O. . Sistema de informação geográfica como apoio ao levantamento detalhado de solos do Vale dos Vinhedos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* , v. 32, p. 2785-2803, 2008.
11. HASENACK, H.; WEBER, E. (Org.). *Base cartográfica digital da região da Serra Gaúcha*. Escala 1:50.000. Porto Alegre: UFRGS/Centro de Ecologia, CD-ROM (Série Geoprocessamento, 2), 2007.
12. LAGROTTI, C. A. A. *Planejamento agroambiental do município de Santo Antônio do Jardim - SP: estudo de caso da microbacia hidrográfica do córrego Jardim*. Tese (Doutorado em Planejamento e Desenvolvimento Rural) - Universidade Estadual de Campinas, 2000, 115p.
13. LENCASTRE, A.; FRANCO, F. M. *Lições em Hidrologia*. Lisboa, Portugal: Universidade Nova de Lisboa, 1984, 449p.
14. LOMBARDI NETO, F. *Geração de Sedimentos em Bacias Hidrográficas e seus Impactos Ambientais*. In: CURSO DE GERAÇÃO, TRANSPORTE E DEPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS, Vitória, ES, 1996, 8p.
15. MACHADO, R. E. *Simulação de Escoamento e Produção de Sedimentos em Uma Microbacia Hidrográfica Utilizando Técnicas de Modelagem e Geoprocessamento*. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002, 126p.
16. PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. (Orgs.). *Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas*. Porto Alegre: ABRH, 2001, 625p.
17. RIBEIRO, L. S.; ALVES, M. da G. *Quantificação de perda de solo por erosão no município de Campo dos Goytacazes/RJ através de técnicas de geoprocessamento*. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Florianópolis, 2007, p. 3039-3046.
18. ROCHA, J. V.; LOMBARDI NETO, F.; BACELLAR, A. A. A. *Metodologia para determinação do fator comprimento de rampa (L) para a Equação Universal de Perdas de Solo*. In: I SIMPÓSIO DE USUÁRIOS IDRISI, Campinas, 1996, p. 3-6.
19. SILVA, M. L. N.; FREITAS, P. L.; BLANCANEUX, P.; CURTI, N.; LIMA, J. M. *Relação entre parâmetros da chuva e perdas de solo e determinação da erodibilidade de um latossolo vermelho escuro em Goiânia (GO)*. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, n. 21, p. 131-137, 1997.
20. STEIN, D. P.; DONZELLI, P. L.; GIMENEZ, F. A.; PONÇANO, E. L.; LOMBARDI NETO, F. *Potencial de Erosão Laminar, Natural e Antrópica na Bacia do Peixe- Paranapanema*. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSIÃO, São Paulo, 1987, p. 105-135.
21. TOMAZONI, J. L.; GUIMARÃES, E. *A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para a quantificação da erosão laminar na bacia do Rio Jirau*. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 57, n. 3, p. 235-244, 2005.
22. WISCHMEIER, W. H.; JOHNSON, C. B.; CROSS, B. W. *A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites*. *Journal of Soil and Water Conservation*, v. 26, n. 5, p. 189-193, 1971.
23. WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. *Agriculture handbook*, n. 537, 1978.