

ESTIMATIVA DA EROÇÃO BRUTA NO MUNICÍPIO DE SÃO MIGUEL DO OESTE, SC

Leonardo Souza Lezonier*
Loivo Bertoldi**
André Tiago dos Santos***
Tatiana Tumelero Martinotto****

RESUMO

A erosão é um conjunto de processos segundo os quais o material terroso ou rochoso é desgastado, desagregado e removido de algum lugar da superfície da terra, conseqüentemente, alterando-a localmente com diferentes taxas de mudanças. A erosão é um processo natural necessário para modelar o relevo terrestre, pode prover de variados agentes causadores, como o vento, o gelo e, principalmente, a chuva; no entanto, pode ser agravado pelas atividades do homem, causando grandes degradações no solo, assoreamento de rios e, em alguns casos, tragédias provenientes de desmoronamentos. Portanto, nota-se a importância do conhecimento sobre os processos erosivos de cada município, para que se possa ter mais segurança e para evitar tais acontecimentos. Em 1978, Wischmeier e Smith propuseram uma equação que determina a quantidade de solo erodida de certa região, a equação universal de perda de solo (EUPS). Essa fórmula é composta por cinco fatores que, após calculados e multiplicados entre si, determinam a quantidade de solo erodido em toneladas por hectare em um ano.

Palavras-chave: Equação universal de perda de solo. USLE. São Miguel do Oeste, SC.

1 INTRODUÇÃO

Os processos de erosão e sedimentação são os responsáveis pela formação dos solos, pela modelagem do relevo e das redes de drenagem e tem influência sobre a paisagem natural dos diversos ambientes da terra (ALMEIDA et al., 2011). Também segundo os autores, esse processo pode ser entendido como um resultado de procedimentos e estratégias errôneas de manejo e produção.

A medição dos processos erosivos é importante não apenas para se estimar a capacidade das estruturas hidráulicas, mas também para a conservação e o gerenciamento de bacias hidrográficas, já que o sedimento transportado pode prejudicar a qualidade das águas superficiais, além de servir de veículo a poluentes, que são adsorvidos a esses materiais (PAIVA, 2003 apud GOMIDE, 2012).

Segundo Poesen et al. (2003), nas últimas décadas foi desenvolvida uma série de modelos diferentes com a proposta de descrever e estimar a erosão hídrica e a produção de sedimentos. Porém, os objetivos de cada modelo variam consideravelmente tanto em escalas espaciais e temporais quanto na sua base conceitual e fundamental.

Um método que tem se destacado e sido amplamente citado na literatura é a equação universal de perda de solo (USLE). A USLE é uma equação experimental usada para determinar o potencial de erosão de certa região. Ela se baseia em fatores climáticos e territoriais da região, como as propriedades do solo e as práticas de cultivo aplicadas nele. A aplicação desse método pode ser considerada razoavelmente simples, em razão do auxílio do Sistema de Informações Geográficas (SIG). Assim, ressalta-se que a USLE vem gerando bons resultados na conservação de solos e no manejo sustentável dos seus recursos naturais (ALMEIDA et al., 2011).

Essa equação, criada na década de 1950 utiliza seis fatores para a obtenção da perda de solo (A), então $A = R.K.L.S.C.P$, em que R = fator de erosividade, K = fator de erodibilidade do solo para um dado índice de erosividade, L = extensão da vertente, S = declividade; C = cobertura vegetal e manejo, e P = práticas de suporte

* Graduando em Engenharia Civil pela Universidade do Oeste de Santa Catarina de São Miguel do Oeste; leo_lezonier@hotmail.com

** Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Regional de Blumenau; Professor na Universidade do Oeste de Santa Catarina de São Miguel do Oeste; engcivil.smo@unoesc.edu.br

*** Graduado em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Santa Maria; mestrando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria; Professor na Universidade do Oeste de Santa Catarina de São Miguel do Oeste; andre.dossantos@unoesc.edu.br

**** Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade do Oeste de Santa Catarina de São Miguel do Oeste; tati_martinotto@hotmail.com

como linhas de contorno, terraceamento, entre outros, relacionadas à perda de solos quando cultivado vertente abaixo (CARVALHO;VALÉRIO FILHO; MEDEIROS, 1993).

No entanto, o cálculo de todos os processos erosivos é muito complexo, e a USLE possui suas limitações, pois não prediz a distribuição espacial e temporal da erosão hídrica, a deposição e aporte de sedimentos, nem a erosão localizada, como, por exemplo, as voçorocas. Essas afirmações são reforçadas pelos criadores da USLE, Wischmeier e Smith (1978), que afirmam que a USLE modela a perda de solo média para longos períodos que ocorrem a partir da erosão laminar e também por sulcos, desprezando voçorocas, além da deposição e produção de sedimentos por erosão das margens e fundo do canal.

Cada vez mais usada, essa modelagem (USLE) tem servido de base para diversas pesquisas, nas quais se determina a erosão bruta e, para isso, também os parâmetros da equação; no entanto, a região Oeste de Santa Catarina, com destaque para a cidade de São Miguel do Oeste, encontra-se desprovida desses dados. Observando-se os fatos anteriormente citados, sabe-se da necessidade da obtenção desses dados, pois são diversos os danos sociais, ambientais e econômicos que os processos erosivos são capazes de causar.

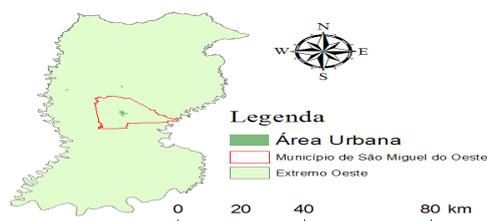
Portanto, neste estudo teve-se como objetivo calcular a quantidade de solo erodido no Município de São Miguel do Oeste para futuras análises dos resultados e busca por melhorias.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O Município de São Miguel do Oeste (Mapa 1) encontra-se no Estado de Santa Catarina e possui uma área igual a 236 km².

Mapa 1 – Localização do Município de São Miguel do Oeste, SC



Fonte: os autores.

O clima da Cidade é subtropical, com temperatura média de 18 °C, variando de 10 °C no inverno a 30 °C no verão, aproximadamente. Possui um relevo parcialmente plano e parcialmente montanhoso. A Cidade pertence à bacia hidrográfica do rio Uruguai e conta com a presença de três rios, o Rio das Antas, o Rio Peperi-Guaçu e o Rio das Flores.

Para a realização do estudo, primeiramente foi realizada uma revisão de literatura sobre o tema, tendo um foco especial na equação USLE, que foi utilizada em todo o período da pesquisa; posteriormente, foi feita uma análise de imagens de satélite do Município retiradas do *site* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), para que depois os conhecimentos obtidos fossem aplicados a fim de gerar os mapas necessários para o cálculo da equação universal de perda de solo.

2.2 EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLO (USLE)

Equação proposta por Wischmeier e Smith na década de 1950, a USLE tem como objetivo estimar a quantidade de solo erodida de certa região. É uma maneira prática e econômica de determinar a erosão nas áreas mais críticas e, assim, poder avaliar as condições e as possíveis prevenções que possam ser feitas. A USLE é composta por cinco fatores que, após calculados e multiplicados entre si, determinam a quantidade de solo erodida em toneladas por hectare por ano.

$$EB = R \times K \times LS \times C \times P \quad (1)$$

Sendo:

EB = Erosão Bruta em t/ha/ano;

R = Erosividade (MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹);

K = Erodibilidade (t.h.MJ⁻¹.mm⁻¹);

LS = Fator topográfico (adimensional);

C = Uso e manejo de solo (adimensional);

P = Práticas conservacionistas (adimensional).

2.2.1 Fator R – Erosividade

O fator R é o que determina o poder erosivo das chuvas em um município. Para o seu desenvolvimento são necessários dados de chuva de série histórica longa e para seu cálculo utiliza-se a equação desenvolvida por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992). Para este estudo, os dados de chuva foram retirados do *site* da Agência nacional de Águas (ANA), no qual foram analisadas diversas séries históricas das cidades da região com o objetivo de encontrar a mais completa (série de 43 anos). Após as análises, foi escolhida a série histórica de São José do Cedro, Município a 35 quilômetros de São Miguel do Oeste. Foram, então, calculadas as médias de chuvas mensais e anuais e realizou-se o cálculo da erosividade com o auxílio da Equação 2.

$$E_i \text{ mensal} = 89,823 \times \left(\frac{P_m^2}{P_a}\right)^{0,759} \quad E_i \text{ mensal} = 89,823 \times \left(\frac{P_m^2}{P_a}\right)^{0,759} \quad (2)$$

Em que E_i mensal é a erosividade média do mês, P_m é a precipitação mensal média de todos os anos, e P_a é a precipitação anual média.

2.2.2 Fator K – Erodibilidade

A erodibilidade analisa os diferentes tipos de solo encontrados e sua diferente capacidade de sofrer com os processos erosivos. Segundo Farinasso et al. (2006), “As propriedades do solo que influenciam a erodibilidade são aquelas que afetam a velocidade de infiltração, permeabilidade e capacidade total de armazenamento de água, aquelas que resistem às forças de dispersão, abrasão e transporte pela chuva e escoamento.”

2.2.3 Fator LS – Fator Topográfico

O fator LS é uma composição entre o comprimento da encosta (rampa L) e sua declividade (S). O comprimento de rampa é caracterizado como a distância do ponto de origem do caimento da água até o ponto em que ela decresce (WISCHMEIER; SMITH, 1978).

Foram utilizados neste estudo, mapas interpolados de resolução 30x30 metros, retirados do *site* da NASA. Por meio desses mapas foi feito um estudo, e a bacia pertencente ao Município foi delimitada.

Existe uma grande variedade de equações para o cálculo do fator topográfico, no entanto neste estudo foram utilizadas duas fórmulas, com o objetivo de gerar um comparativo de resultado entre elas.

Foi calculado o LS a partir da equação de Lombardi Neto (2012) (Equação 3)

$$LS = 0,00984 \times L^{0,63} \times S^{1,18} \quad (3)$$

Sendo:

L = Mapa de acumulação de fluxos de água;

S = Mapa de declividades.

Foi testada, também, a equação de Burrough e McDonnell (1998) (Equação 4)

$$LS = \left(\frac{v}{22,1}\right)^{0,4} \times \left(\frac{\sin \theta}{0,0896}\right)^{1,3} \quad (4)$$

Sendo:

v = Mapa de acumulação de fluxos de água;

ø = Mapa de declividades.

2.2.4 Fator C – Uso e manejo de solo

O fator de uso e manejo de solo faz a relação entre o uso e recobrimento do solo que está em estudo e o seu poder de sofrer com a erosão. Na Cidade de São Miguel do Oeste, foram analisados os mapas a fim de identificar os tipos de uso de solo para, assim, classificá-los.

2.2.5 Fator P – Práticas Conservacionistas

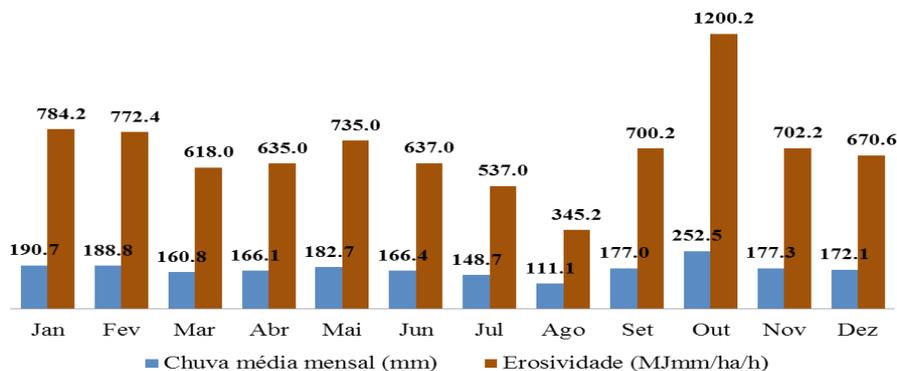
Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1990 apud FARINASSO et al., 2006) “O fator prática conservacionista, fator P da USLE, é caracterizado como a relação entre a intensidade esperada de perdas com determinada prática conservacionista e aquelas quando a cultura está plantada no sentido do declive (morro abaixo).” Para o estudo, foi aplicado o valor 1 para práticas conservacionistas, que aponta a pior situação possível (CHAVES apud SANTOS et al., 2014).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Fator R – Erosividade

Após a análise dos dados de chuva do Município de São José do Cedro, SC, foi realizado o cálculo da erosividade mensal. De acordo com o Gráfico 1, observa-se que o mês de outubro apresenta os maiores índices pluviométricos, com cerca de 252 mm de média mensal. Consequentemente, esse mês tem maior energia disponível para desagregar material de solo (erosividade), com cerca de 1200 (MJmm/ha.h).

Gráfico 1 – Erosividade mensal



Fonte: os autores.

2.3.2 Fator K – Erodibilidade

Foram encontrados três tipos de solos na região, Neossolo vermelho, Neossolo litólico e Cambissolo.

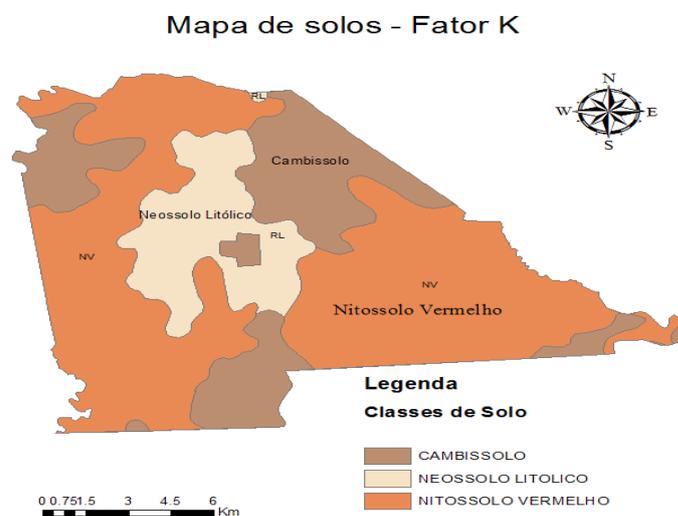
Cada solo possui sua capacidade de sofrer erosão, logo, cada um recebe um fator K distinto. Os valores adotados para os três tipos de solo encontrados foram:

Tabela 1 – Fator K

Solo	K
Neossolo litólico	0,0442
Nitossolo vermelho	0,025
Cambissolo	0,0345

Fonte: Maniggel et al. (2002) e Correchel (2003).

Mapa 2 – Solos de São Miguel do Oeste



Fonte: os autores.

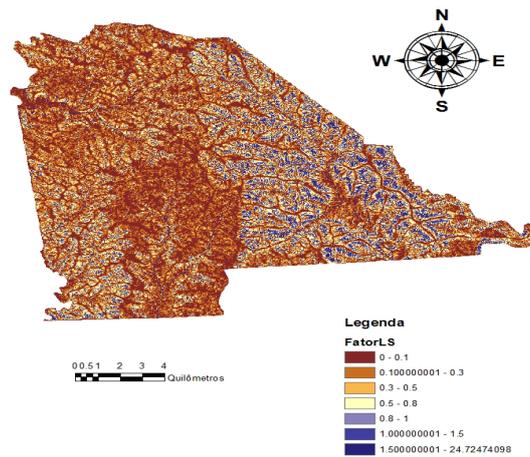
2.3.3 Fator LS – Fator Topográfico

Para cada equação foi encontrado um resultado diferente de LS, sendo que os dois resultados serão utilizados no cálculo da erosão bruta, a fim de gerar um comparativo das equações.

Nota-se uma relevante diferença entre os resultados das duas equações, visto que por Lombardi Neto foram encontrados resultados de maior valor para o fator topográfico do que por Burrough e McDonnell, no entanto nas duas equações pode-se notar que a concentração dos resultados se encontra entre 0 e 0,1, valores consideravelmente baixos.

Mapa 3 – Fator LS segundo a equação de Burrough e McDonnell (30x30)

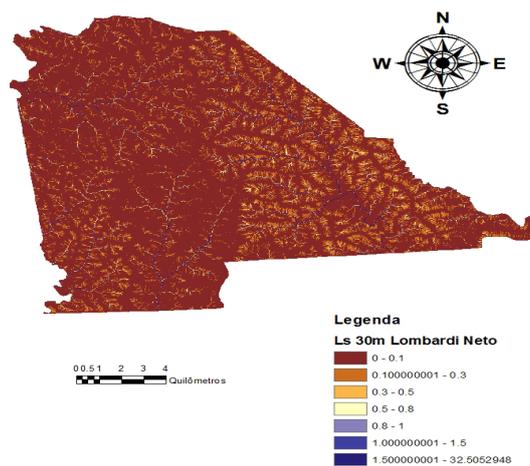
Fator LS 30 Metros - Burrough e McDonnell



Fonte: os autores.

Mapa 4 – Fator LS segundo a equação de Lombardi Neto (30x30)

Fator LS 30 Metros - Lombardi Neto



Fonte: os autores.

2.3.4 Fator C – Uso e manejo de solo

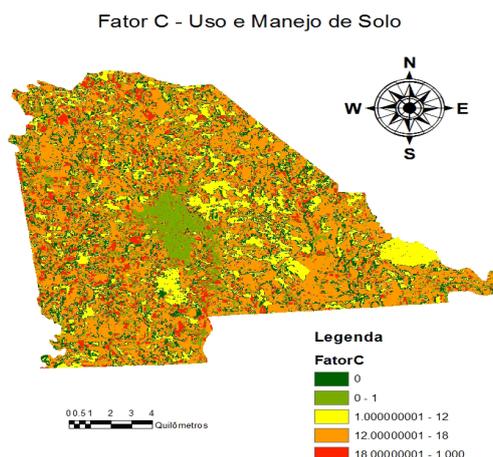
Após a análise dos mapas e imagens de satélite verificou-se a presença de cinco tipos de uso e manejo de solo, tendo cada um o seu respectivo coeficiente C. A relação entre os usos de solo e os seus respectivos valores C estão contidos na Tabela 2:

Tabela 2 – Fator C – Uso e manejo de solo

Uso do Solo	C
Água	0,000
Floresta	0,012
Área Urbana	0,001
Lavoura	0,018
Solo Exposto	1,000

Fonte: Silva (2007).

Mapa 5 – Fator C aplicado ao mapa do Município



Fonte: os autores.

2.4 EROSÃO BRUTA

Após o desenvolvimento dos mapas de todos os fatores, eles foram multiplicados utilizando a USLE por meio de uma álgebra de matrizes, apresentando, assim, os resultados da erosão bruta para o Município de São Miguel do Oeste.

Como já dito anteriormente, com execução do fator LS, foram utilizadas duas equações, logo, foram obtidos dois resultados de erosão, um para a equação de Lombardi Neto e outro para a equação de Burrough e McDonnell.

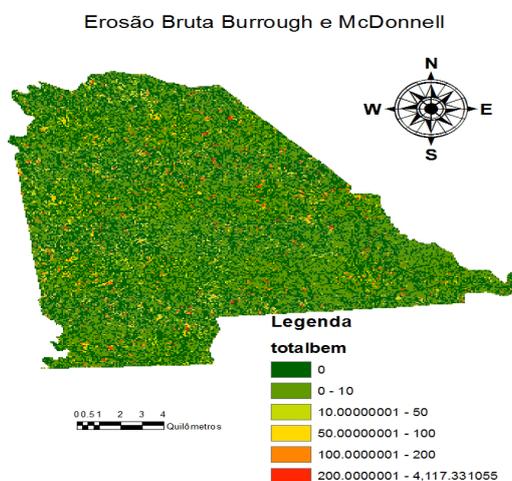
Após a análise do fator erosividade (R), notou-se grande concentração de chuva no mês de outubro e pouca concentração no mês de agosto, logo, foi feito o cálculo da erosão referente a esses dois meses e ao total, utilizando-se as duas equações.

Tabela 3 – Comparativo da erosão bruta de todo o Município de São Miguel do Oeste por meio de Burrough e McDonnell e Lombardi Neto

Período	EB Lombardi Neto (t/ha/ano)	EB Burrough e MCdonnell (t/ha/ano)
Agosto	2043,78	12707,67
Outubro	7108,81	44202,93
Anual	49394,41	307136,75

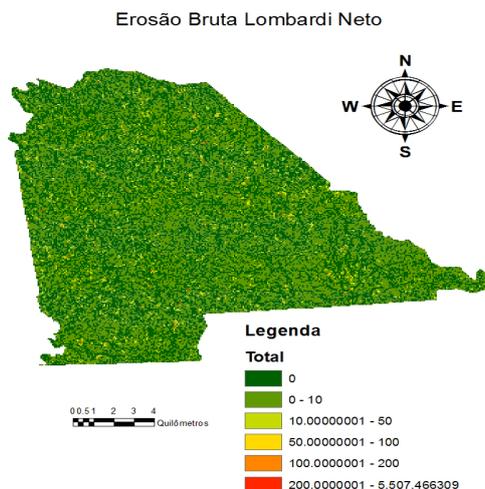
Fonte: os autores.

Mapa 6 – Erosão bruta por Burrough e McDonnell



Fonte: os autores.

Mapa 7 – Erosão bruta por Lombardi Neto



Fonte: os autores.

Tabela 4 –Grau de suscetibilidade à erosão

Perda de solo (t/ha/ano)	Grau de suscetibilidade à erosão
< 10	Baixa
10-50	Moderada
50-200	Alta
> 200	Muito alta

Fonte: FAO/PNUMA/UNESCO, 1981 (apud VALENTE et al., 2001).

Observando o resultado mostrado pelos mapas, nota-se que grande parte do terreno se concentra em locais onde a erosão é baixa, ou seja, menor que 10 toneladas por hectare por ano, no entanto em alguns locais a erosão alcançou valores preocupantes, muito acima de 200.

Quanto ao comparativo, notou-se que a erosão por Burrough e McDonnell alcançou valores muito acima dos valores por Lombardi Neto, no entanto a concentração de ambas as equações manteve-se abaixo de 10 toneladas por hectare por ano, o que, segundo Valente et al. (2001) é considerado um valor baixo.

3 CONCLUSÃO

Concluiu-se, após o estudo, que a maior parte do Município sofre com uma erosão baixa, menor que 10 t/ha/ano, no entanto o terreno possui certos locais onde a erosão é muito elevada, alcançando valores de até 5500 t/ha/ano. Por esse estudo se basear na USLE para o cálculo da erosão, não é possível determinar onde ocorrerá o aporte de tal carga de solo, sendo necessário um estudo futuro para essa determinação, a qual possui grande importância e é de grande interesse para todos do Município e região.

Gross erosion estimate in the city of São Miguel do Oeste, SC

Abstract

Erosion is a set of processes in which the earthy or rocky material is worn, disintegrated and removed from someplace on the surface of the Earth, consequently, modifying it locally with different rates of change. Erosion is a natural process essential to molding the earthly topography. It can come from various causative agents, such as the wind, ice and mainly the rain; however, the topography could be aggravated by the actions of men, causing huge soil degradations, river silting and in some cases tragedies from landslides. Therefore, it is noted the importance of knowledge about the erosive processes in each city, so that it is possible to have more security and to avoid such happenings. In 1978, Wischmeier and Smith proposed an equation that determines the quantity of eroded soil in a determined area: the universal soil

loss equation (USLE). This formula is composed of five factors that, after calculated and multiplied by each other, determine the quantity of eroded soil in tons by hectare in a year.

Keywords: Universal soil loss equation. USLE. São Miguel do Oeste, SC.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 10 abr. 2015.
- ALMEIDA, C. L. et al. Uso de ferramentas SIG para estimativa do potencial erosivo no município de Acopiara, CE. In: LIMA, Jorge Enoch Furquim Werneck; LOPES, Walszon Terllizzie Araújo (Org.). **Engenharia de Sedimentos: na busca de soluções para problemas de erosão e assoreamento**. Brasília, DF: ABRH, 2011. p. 383-397.
- BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. **Principles of Geographical Information Systems**. London: Oxford University Press, 1998.
- CARVALHO, G. M. B. S.; VALÉRIO FILHO, M.; MEDEIROS, J. S. de. Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento na identificação da erosão dos solos na bacia do Rio Aracoiaba, CE. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DO CEARÁ, 11., 1992, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 1993.
- COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, 2003.
- COIADO, E. M. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. ABRH, 2003.
- CORRECHEL, V. **Avaliação de índices de erodibilidade do solo através da técnica da análise da redistribuição do “fallout” do ¹³⁷Cs**. 2003. 79 p. Tese (Doutorado em ciências – Energia Nuclear na Agricultura)–Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 2003.
- FARINASSO, M. et al. Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminarem grandes áreas por meio da EUPS- Equação Universal de Perdas de Solos utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba–PI-MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 73-85, 2006. Disponível em: <<http://www.lsic.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/80/73>>. Acesso em: 10 abr. 2015.
- GOMIDE, I. de S. **Modelagem da perda de solo de pequenas bacias hidrográficas da Amazônia via modelo USLE**. 2012. 103 p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil)–Universidade Federal do Pará, Belém, 2012. Disponível em: <http://www.ufpa.br/ppgec/data/producao_cientifica/Dissertacao%20-%20Igor%20Gomide.pdf.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2015.
- LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 8. ed. São Paulo: Ícone, 2012.
- LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. **Bragantia**, v. 51, n. 2, p. 189-196, 1992.
- MANNIGEL, A. R. et al. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 24, p. 1335-1340, 2008.
- POESEN, J. et al. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. **Catena**, v. 50, p. 91-133, 2003.
- SANTOS, A. T. et al. Estimativa da perda de solo por erosão laminar em área urbana-estudo de caso no município de Teresina-PI. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 11., 2014, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2014.
- SILVA, V. C. da. Estimativa da erosão atual da bacia do Rio Paracatu (MG/GO/DF). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n. 3, p. 147-159, 2007.

VALENTE, A. L. S. et al. Estimativa da suscetibilidade potencial à erosão Laminar devido a fatores naturais: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Porto Alegre (RS). **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, Porto Alegre, n. 2, p. 85-92, 2001.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting Rainfall Erosion Losses**: A Guide to Conservation Planning. US Department of Agriculture. Agriculture Handbook 537. 1978.