

## **Levantamento sistemático dos fatores da Equação Universal de Perdas de Solos (USLE) para o delineamento de áreas com potencial erosivo da bacia PN1 – IGAM, Minas Gerais (resultados parciais)**

Marley Lamounier Machado<sup>(1)</sup>, Juliana Silvério Alves<sup>(2)</sup>, Ivair Gomes<sup>(1)</sup>, Eliane Maria Vieira<sup>(1)</sup>, Maria Lélia Rodrigues Simão<sup>(1)</sup>, Uebi Jorge Naime<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Pesquisador EPAMIG – Belo Horizonte/ MG  
Av. Jose Cândido da Silveira, 1647, Cidade Nova, BH, MG  
{Marley,Ivair,elianevieira,Lélia}epamig.br

<sup>(2)</sup> Bolsista PIBIC FAPEMIG/ EPAMIG  
Av. Jose Cândido da Silveira, 1647, Cidade Nova, BH, MG  
jsageo@yahoo.com.br

<sup>(3)</sup> Pesquisador EMBRAPA SOLOS – Rio de Janeiro/ RJ  
Rua Jardim Botânico, 1.024 - Jardim Botânico, Rio de Janeiro, RJ – Brasil  
ujn@cnps.embrapa.br

### **Abstract**

This work intends to present preliminary information about the data modeling to use the Universal Soil Loss Equation – USLE aiming the delimitation of areas with a great potential of soil erosion on the planning unit PN1 established by the Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM. The Universal Soil Loss Equation (USLE) predicts the long term average annual rate of erosion on a field slope based on rainfall pattern, soil type, topography, crop system and management practices. The information was modeled using the Spatial Information System, which the TM/LandSat 5 and CIBERS images were used to obtain the factors “C” and “P”; the Shuttle Radar Topography Mission - SRTM to the calculation of the “LS”; and rainfall data of the Agência Nacional de Águas with historical series > 20 years to calculate the “R” factor. It was also used the bibliographic review to determine the reference data of the “K” and “C” factors. The obtained information allows a preliminary version of the lining of potential erosion areas of the region. Although, there is the need of the determination of the “C” factor in distinct seasons of the year and of a data bank with more information of soil erodibility (K) aiming a better work accuracy.

### **Introdução**

O fluxo da água sobre o solo é o maior agente de transporte de partícula de solo. Em um primeiro momento estas partículas são desagregadas pelo salpico das gotas de chuvas e dependendo da quantidade de chuva, grau de infiltração de água no solo, natureza do solo, cobertura vegetal e declividade do terreno as partículas serão arrastadas morro abaixo sendo depositados em partes mais baixas dos terrenos ou em rios e lagos. Com a concentração de água em pequenas depressões e ganhando velocidade à medida que o fluxo de água e a declividade do terreno aumentam, o processo erosivo tende a aumentar provocando sulcos e posteriormente o voçorocamento. A perda de 500.000 t. de solo por ano corresponde ao desgaste uniforme de uma camada de 15 cm de espessura numa área de cerca de 280.000 ha. (Bertoni&Lombardi Neto, 1990). Portanto, a quantidade de solo transportado pela água é uma das principais causas nos processos de assoreamento dos mananciais ao decorrer dos anos.

Além do fator ambiental, o processo de perda de solo traz prejuízo financeiro ao produtor visto que junto ao solo extraído há também a perda de nutrientes o que compromete a produção e a qualidade visto que as plantas podem ter carência de alguns elementos nutritivos. Com a remoção da camada superficial ocorrem problemas de infiltração e retenção de umidade no solo, visto que o subsolo é mais impermeável e de menor teor de matéria orgânica. Assim, a água não infiltrando, promoverá maior arraste de solo e conseqüentemente menor quantidade de água armazenada para as plantas.

Outro fato a considerar é que, com os horizontes superiores dos solos removidos, haverá a necessidade de um aprofundamento nos sulcos de aração em função da estrutura fraca que os subsolos venham a ter e também pela dificuldade de preparo que esta camada apresenta o que exigirá maior força dos implementos agrícolas e, conseqüentemente, acarretará um maior custo de produção.

A identificação das áreas susceptíveis a um processo erosivo bem como a manipulação das variáveis apresentadas acima e que compõe este processo podem ser feitas de forma ágil e com acurácia através do emprego de Sistemas de Informações Espaciais. Estes sistemas seriam o Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas(SIG), que serão usados para o emprego de modelos matemáticos de perda de solos.

As imagens orbitais, dentro do Sistema de Sensoriamento remoto, trazem informações que caracterizam o extrato vegetativo com base em seus níveis de reflectância. Uma das vantagens para o uso de imagens orbitais para a caracterização e mapeamento de agroecossistemas é a sua grande abrangência em termos de cobertura e seu custo acessível. Estas imagens são sensíveis ao estágio atual de cobertura vegetal (vegetação verde, queimada, solo exposto natural e úmido, etc.).

Já o SIG é constituído por um conjunto de “ferramentas” especializadas em adquirir, armazenar, recuperar e transformar informações espaciais. No ambiente digital das informações espaciais a superfície da terra é normalmente moldada por meio de modelos numéricos de terreno o que fornece uma poderosa e flexível base para a modelagem, análise e visualização de fenômenos relacionados com a topografia. Valores de áreas, formas de terreno, declividades, distâncias e extração de informações em bases de dados anexadas são resultados conseguidos, na maioria dos casos, de forma rápida e automática.

Este trabalho visa apresentar os resultados parciais para a análise e modelagem de informações para uso da Equação Universal de Perca de Solo – EUPS para a delimitação de áreas com potencial erosivo na Bacia PN1 (classificação do Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM), utilizando Sistemas de Informações Espaciais.

### Métodos e Procedimentos Técnicos

Para o desenvolvimento das atividades estão sendo empregados os sistemas ARGGIS 9.2 e SPRING 5.0.

A equação universal de perca de solo (EUPS) será a adotado por Wischmeier & Smith (1978), dada por:

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

Em que:

A : perda de solo por unidade de área, t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>;

R : fator erosividade da chuva, MJ.ha<sup>-1</sup>.mm.h<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>;

K : fator erodibilidade do solo, (t ha<sup>-1</sup>)/(MJ.ha<sup>-1</sup>.mm.h<sup>-1</sup>);

L : fator que leva em conta a distância ao longo da qual ocorre o escoamento superficial, adimensional;

S : fator que considera a declividade do terreno, adimensional;

C : fator que leva em conta o uso e manejo do solo, adimensional; e

P : fator que considera as práticas conservacionistas adotadas, adimensional.

O fator de “R” deverá ser calculado pelo somatório do modelo estabelecido por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), citado por Fujihara (2002) (Equação 2).

$$EI = 89,823 \left( \frac{r^2}{P} \right)^{0,759} \quad (2)$$

Onde:

EI : erosividade média mensal (MJ ha<sup>-1</sup> h<sup>1</sup>);

r : é a precipitação média mensal (mm) e;

P : precipitação média anual (mm).

Os dados de chuva foram tomados por série histórica maior / igual a 20 anos junto à Agência Nacional das Águas (ANA,2008). Estes valores serão georreferenciados em função da posição geográfica das estações e posteriormente, interpolados por técnicas de Geoestatística disponíveis no SIG.

Foram compilados valores para o fator K de alguns solos do Brasil disponíveis na literatura para unidades pedológicas similares às da área em estudo, onde os valores foram adquiridos em experimentos por método direto (experimentos em campo). Estes valores encontrados foram associados aos solos da área em estudo em função de suas características físicas.

Para a região em estudo foram utilizados os levantamentos de solos, escala 1:500.000, para o Triângulo Mineiro (Embrapa & Epamig (1982)), Levantamento de solos para a região do Alto Paranaíba (Embrapa, 2004); Levantamento de Solos para a Região Geoeconômica de Brasília (Embrapa & Epamig (1998)). Os mapas analógicos foram rasterizados, georreferenciados e digitalizados no software ARCGIS.

Para cálculo do fator LS será usado uma grade altimétrica proveniente do satélite Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) em pixel de 30 m. O Fator “L” será empregado conforme metodologia empregada por Desmet e Govers (1996), citado por Farinasso et al., (2006) (Equação 3). O fator “S” será calculado conforme metodologia empregada por Wischmeier & Smith (1978) (Equação 4).

$$L_{i,j} = \frac{[(A_{i,j-in} + D^2)^{m+1} - (A_{i,j-in})^{m+1}]}{[D^{m+2} x_{i,j}^m (22,13)^m]} \quad (3)$$

em que:

“L<sub>i,j</sub>” : fator de comprimento de vertente de uma célula com coordenadas (i,j);

“A<sub>i,j-in</sub>” : área de contribuição da célula em coordenadas (i,j) (m<sup>2</sup>);

“D” : tamanho da célula;

“x” : coeficiente função do aspecto para grade de célula em coordenadas (i,j) e

“m” : coeficiente função da declividade para grade de célula com coordenada (i,j).

Sendo que o coeficiente “m” é obtido a partir de determinadas classes de declividade: (a) m = 0,5 se declividade for > 5%; (b) m = 0,4 para intervalo de 3 a 5%; (c) m = 0,3 para intervalo de 1 a 3 % e (d) m = 0,2 para declividade < 1%.

$$S = 0,00654.s^2 + 0,0456s + 0,065 \quad (4)$$

em que:

S: fator de declividade (adimensional); e

s: declividade média da vertente (%).

Para o fator “C” foram feitas revisões bibliográficas para valores levantados para diversas culturas. Paralelamente, foi feita a aquisição de imagens de satélites (CBERS, TM/LANDSAT 5) e posterior interpretação do uso da terra para estas imagens. As áreas não interpretadas serão delimitadas por interpretação visual e/ou classificação semi-supervisionada. Após a classificação das imagens serão atribuídas taxas de percentual vegetativo para as diferentes classes de uso da terra com base em revisão bibliográficas.

A partir das classes de uso da terra serão feitas campanhas de campo para a determinação do Fator “P”.

## Resultados e Discussão

A figura 1 apresenta a localização da região em estudo.

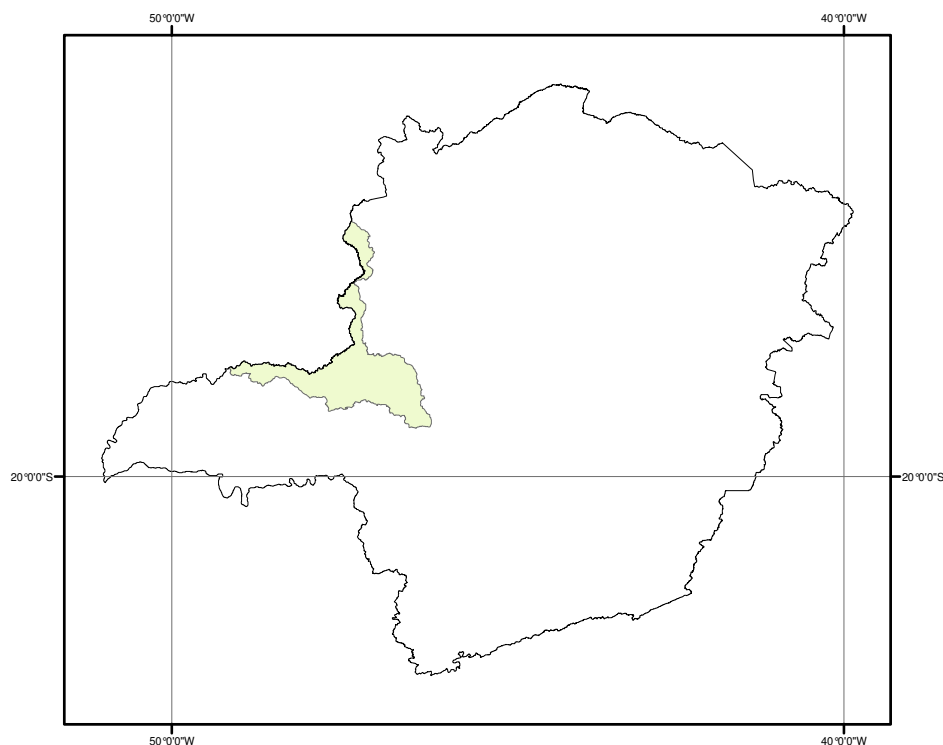


Figura 1 – Localização da região de estudo

São apresentados neste tópico os resultados construídos até o momento para informações do fator “C” e “K”.

A Tabela 1 apresenta os valores do fator K associados aos solos da região em estudo com base na similaridade com solos de outros locais levantados por experimentos de perda de solo. A Figura 2 apresenta o mapa de Erodibilidade proveniente do mapa de solos para a região de estudo e também, a localização geográfica das estações da Ana. Observa-se que os Latossolos, a exceção do Gleissolo (GMd) apresentaram os menores valores de erodibilidade, o que coincide com o fato de ser estes, o de maior grau de intemperismo e de maior permeabilidade.

Tabela 1 – Valores de K para solos da região em estudo.

<b>Solo Original</b>	<b>Solo Correspondente</b>	<b>K</b>	<b>Fonte</b>
MX	CXbe	0,0441	Ribeiro e Alves (2008)
CX	CXbd	0,0115	Denardin e Silva et al. citado por Cecílio (2008)
GMd	GM <sub>(?)</sub>	0,0044	Ribeiro e Alves (2007)
LAw	LA <sub>(?)</sub>	0,0110	Medina e Oliveira Jr. citado por Silva et al (2000)
LVdf; LVwf; LVj	LVdf	0,0120	Denardin e Silva et al. citado por Cecílio (2008)
LVef	LVef	0,0040	Hernani et al. citado por Silva et al (2000)
LVd	LVd	0,0090	Denardin e Silva et al. citado por Cecílio (2008)

LVAw; LVw	LVAw	0,0020	Denardin e Silva et al. citado por Cecílio (2008)
LVAd	LVAd	0,0100	Silva et al. citado por Silva et al (2000)
LVw	LVw	0,0020	Denardin e Silva et al. citado por Cecílio (2008)
RUbd	RU(?)	0,0420	Ribeiro e Alves (2008)
RLd	RL(?)	0,0400	Ribeiro e Alves (2008)
PVAd	PVAd	0,0270	Marques (1996)
PVAe	PVAe	0,0140	Marques (1996)
PVd	PVd	0,0340	Marques (1996)

\* Grau de fertilidade não citado pela fonte.

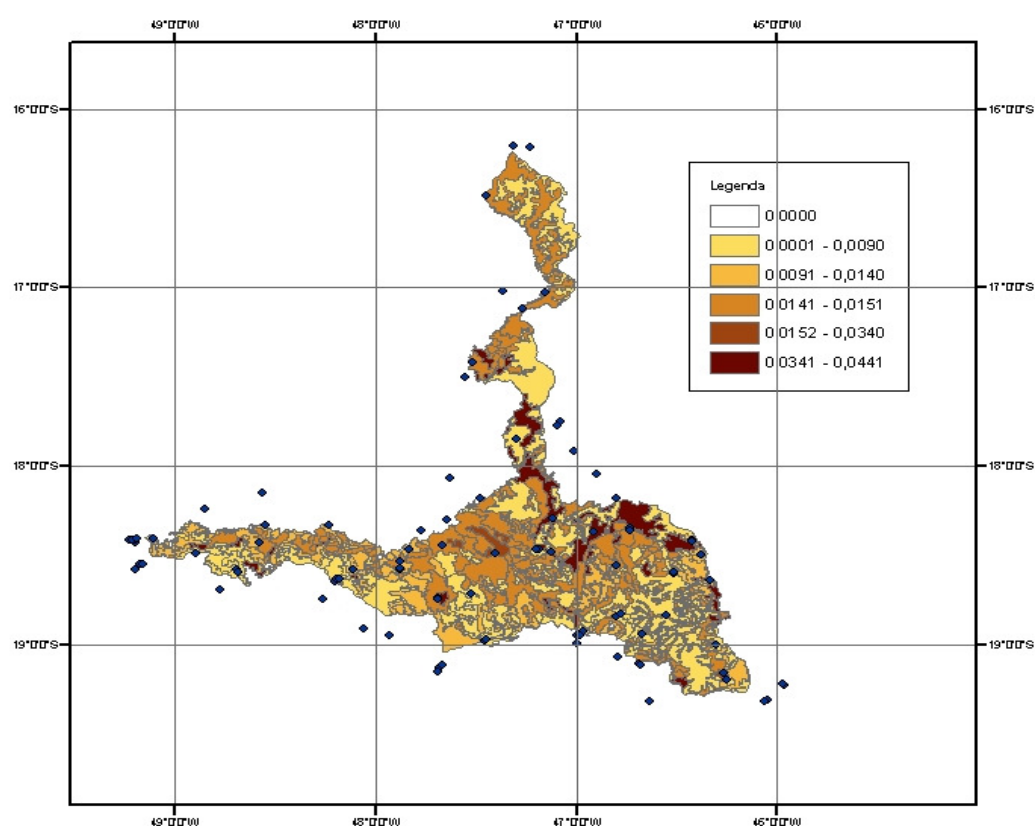


Figura 2 – Mapa de Erodibilidade dos solos e de Estações da Ana.

A Tabela 2 apresenta os valores oriundos de revisão bibliográfica para o fator “C” para diversas culturas. A Figura 3 apresenta uma amostra da identificação do uso da terra para a região em estudo utilizando imagem TM/Landsat 5, composição colorida RGB para as bandas 4, 5 e 3, respectivamente. Cada classe delimitada terá o seu respectivo valor do fator “C”. A região é caracterizada por uma variedade de culturas, mas com muita presença de áreas de café, cana-de-açúcar, reflorestamento, pastagem anuais, matas ciliares e pastagens.

Tabela 2 – Valores de cobertura vegetal (fator C)

Cultura	Fator C	Fonte
Afloramento de rocha	0,001	Ribeiro e Alves (2008)
Agricultura irrigada	0,018	Farinasso et al (2006)
Área queimada	0,01	Paranhas Filho (2003)
Área úmida	0,00	Paranhas Filho (2003)

Aveia	De 0,0372 a 0,0671	Bertol et al (2002) citado por Cecílio (2008)
Cana-de-açúcar	0,3066	Ribeiro e Alves (2007)
Cerrado	0,042	Farinasso et al (2006)
Cultura anual	0,20	Brito et al (1998)
Cultura permanente	0,02	Brito et al (1998)
Fruticultura	0,01	Tomazoni et al (2005)
Mata ciliar	0,012	Farinasso et al (2006)
Milho	De 0,025 a 0,156	De Maria e Lombardi Neto (1997) citado por Cecílio
Pastagem	0,01	Tomazoni et al (2005)
Soja	De 0,0455 a 0,1437	Bertol et al (2001) citado por Cecílio (2008)
Solo exposto	1,000	Farinasso et al (2006)
Trigo	De 0,0588 a 0,2158	Bertol et al (2001) citado por Cecílio (2008)
Café	0,0201	Silva (2007)
Reflorestamento	0,03241	Silva (2007)



Figura 3 – Amostra da Classificação de imagem TM/Landsat 5, composição 3(B)4(R)5(G).

### Conclusão

Terminadas as etapas de cálculo dos fatores “R”, “LS” e o estabelecimento do fator “P”, será possível o delineamento das áreas de potencial erosivo em uma versão preliminar, porém, há ainda alguns fatores limitantes que devem ser considerados tais como: (a) a determinação do fator “C” em épocas distintas do ano visando identificar o uso da terra em diferentes estágios fenológicos das culturas, bem como, a rotação entre elas. (b) há a necessidade de um banco de dados com mais informações de erodibilidade do solo (K) visto que no Estado de Minas Gerais ainda são poucos os experimentos de campo para a determinação desta variável.

## Referências Bibliográficas

- ANA. **Sistema de Informações Hidrológicas**. Brasília, 2003. Disponível em <http://hidroweb.ana.gov.br>. Acesso em: Jul. de 2008.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 2ª ed., 335p., 1990.
- BRITO, J. L. S. et al. Uso do geoprocessamento na estimativa de perda de solos por erosão laminar em Irai de Minas-MG. In: IX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1998, Santos. **Anais...** Santos, 1998. p.501-512.
- CECÍLIO, R. A. **Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS ou USLE, em inglês)**. Disponível em: <<http://www.nedtc.ufes.br/prof/Roberto/disciplinas/manejo/USLE.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2008.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da região do Alto Paranaíba, Minas Gerais**. Rio de Janeiro, 2004. 238p. (EMBRAPA – CNPS. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 44) 1 CD-ROM.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos; EPAMIG. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro**. Rio de Janeiro, 1982. 526p. (EMBRAPA – SNLCS. Boletim de Pesquisa, 1)
- EPAMIG; EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da região geoeconômica de Brasília – Minas Gerais**. Belo Horizonte, 1998. 213p.
- FARINASSO, M.; et al. Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da Eups utilizando novas metodologias em sig para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Paranaíba-Pi-MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 7, n. 2, p. 73-85, 2006.
- FUJIHARA, A. K.. **Predição de erosão e capacidade de uso do solo numa microbacia do oeste paulista com suporte de Geoprocessamento**. Dissertação de Mestrado apresentada ao curso de Ciências Florestais. Universidade de São Paulo. 2002.
- MARQUES, J. J. G. de S. e M. **Estimativas e comparações dos fatores das chuvas e erodibilidade de solos com horizonte b textural no Brasil**. 1996. 119f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.
- PARANHAS FILHO, et al. **Avaliação multitemporal das perdas de solos na bacia do rio Taquarizinho-MS**. Paraná: UFPR, 2003. p.49-59. (Boletim Paranaense de Geociências, 52).
- RIBEIRO, L. S.; ALVES, M. da G. Quantificação de perda de solo por erosão no município de Campos de Goytacazes/ RJ através de técnicas de Geoprocessamento. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2007. p.3039-3046. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.19.16.01/doc/3039-3046.pdf>>. Acesso em: 08 set. 2008.
- SILVA, L. F. da. **A construção de um índice de sustentabilidade ambiental agrícola (ISA): uma proposta Metodológica**. Campinas, SP: [s.n.], 2007.
- SILVA, M. L. N.; et al. Avaliação de métodos indiretos de determinação da erodibilidade de latossolos brasileiros. **Pesq. Agropec. Bras.**, v 35, n.6, p. 1207-1220, 2000.
- TOMAZONI, J. C. et al. A sistematização dos fatores da Eups em sig para quantificação da erosão laminar na bacia do rio Anta Gorda (PR). **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v.3, n. 1, p. 01-21, jan-jun 2005.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington: USDA, 1978. 58 p. (Agriculture Handbook, 537)