

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 14

Avaliação da Suscetibilidade Natural à Erosão dos Solos da Bacia do Olaria-DF

**Gabriela de Lima Freitas Bloise
Osmar Abílio de Carvalho Júnior
Adriana Reatto
Renato Fontes Guimarães
Éder de Souza Martins
Ana Paula Ferreira de Carvalho**

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73301-970 Planaltina - DF

Fone: (61) 388-9898

Fax: (61) 388-9879

<http://www.cpac.embrapa.br>

sac@cpac.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Ronaldo Pereira de Andrade*

Secretária-Executiva: *Nilda Maria da Cunha Sette*

Membros: *Maria Alice Bianchi, Leide Rovênia Miranda de Andrade, Carlos Roberto Spehar, José Luiz Fernandes Zoby*

Supervisão editorial: *Nilda Maria da Cunha Sette*

Revisão de texto: *Maria Helena Gonçalves Teixeira /
Jaime Arbués Carneiro*

Normalização bibliográfica: *Maria Alice Bianchi*

Capa: *Chaile Cherne Soares Evangelista*

Foto da capa: *Expedito Alves Cardoso*

Editoração eletrônica: *Jussara Flores de Oliveira*

1ª edição

1ª impressão (2001): tiragem 300 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.
Embrapa Cerrados.

A945 Avaliação da suscetibilidade natural à erosão dos solos da Bacia do Olaria-DF / Gabriela de Lima Freitas Bloise ... [et al.].
– Planaltina : Embrapa Cerrados, 2001.

33 p. — (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X ; 14)

1. Solo - erosão. I. Bloise, Gabriela de Lima Freitas. II. Série.

631.45 - CDD 21

Sumário

Introdução	7
Descrição da Área de Estudo - Bacia do Olaria	10
Material e Métodos	11
a) Fator topográfico	11
b) Erodibilidade (K)	16
c) Erosividade (R)	19
d) Potencial de Erosão	20
Resultados	20
a) Fator topográfico	20
b) Erodibilidade	25
c) Erosividade	27
d) Potencial de erosão	28
Conclusões	30
Referências Bibliográficas	30

Avaliação da Suscetibilidade Natural à Erosão dos Solos da Bacia do Olaria-DF

Gabriela de Lima Freitas Bloise¹;
Osmar Abílio de Carvalho Júnior²; Adriana Reatto³;
Renato Fontes Guimarães⁴; Éder de Souza Martins⁵;
Ana Paula Ferreira de Carvalho⁶

Resumo – A indicação de áreas susceptíveis à erosão é fundamental para auxiliar no gerenciamento de uma bacia hidrográfica. Para tanto, foi utilizada a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), sem considerar os fatores antrópicos e de cobertura vegetal, na Bacia do Olaria-DF, localizado na porção mais elevada da Área de Preservação Ambiental da Bacia do Descoberto. Foram confeccionados o modelo digital de terreno e seus mapas derivados (declividade, aspecto, acumulação de fluxo) que permitiram a elaboração do mapa do fator topográfico. O mapa de erodibilidade da bacia foi confeccionado com base nas propriedades das classes de solos existentes na bacia conforme o nomograma de erodibilidade. Adotou-se um único valor de erosividade por causa da existência de apenas de uma estação meteorológica na bacia. Como resultado final, foi gerado o mapa de potencial de erosão da Bacia do Olaria-DF, demonstrando que os locais mais susceptíveis à erosão estão relacionados às declividades mais altas da bacia e aos solos de alta erodibilidade como os cambissolos (CAMBISSOLOS) e os solos hidromórficos (GLEISSOLOS).

Termos para indexação: metodologia, modelagem matemática, erodibilidade, potencial erosivo.

¹ Geóg., Bolsista CNPq do Projeto PADCT-III.

² Geól., Ph.D., Universidade de Brasília, Departamento de Geografia, osmarjr@solar.com.br

³ Eng. Agrôn., M.Sc., Embrapa Cerrados, reatto@cpac.embrapa.br

⁴ Eng. Cartóg., Ph.D., Universidade de Brasília, Departamento de Geografia

⁵ Geól. Ph.D., Embrapa Cerrados, eder@cpac.embrapa.br

⁶ Biól., M.Sc., Universidade de Brasília, Departamento de Ecologia, anapaula@unb.br

Evaluation of Natural Erosion Susceptibility of Soils in the Basin of the Olaria-DF

Abstract – The indication of erosion susceptible areas is important to the basin management. Thus, the Universal Soil Loss Equation (USLE) was used, without considering the human factors, in the basin of the Olaria-DF, located in the high elevation portion in the Environmental Preservation Area of the Descoberto Basin. The digital elevation model was created and its derived maps (slope, aspect, flow accumulation) in order to elaborate the slope length factor map. The soil erodibility map was created from the soils properties for each class in the basin according to the erodibility nomogram. An unique rainfall factor value was adopted because in the basin has just one meteorological station. The potential erosion map demonstrate that the places with more erosion susceptibility is related to the high slope in the basin and are also associated with the soil type with high erosion potential as the (cambissolos) and the hydromorphic soils.

Index terms: methodology, mathematical modeling, erodibility, erosion potential.

Introdução

Erosão é o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo que pode ser causado pela água ou pelo vento ([Bertoni & Lombardi Neto, 1990](#)). Pode-se, também considerar a erosão como sendo basicamente uma reação da natureza em estabelecer um novo equilíbrio. Nesse sentido, os desníveis da paisagem podem ser correlacionados como a expressão da energia potencial que desencadeia o processo erosivo ([Resende, 1985](#)).

Os processos naturais erosivos são intensificados com a ação antrópica. Quando o solo passa a ser manejado para qualquer finalidade, ocorrem desequilíbrios nas relações solo-clima-vegetação que promovem a instabilidade do sistema ([Brasil, 1983](#)) e, como nem sempre o destino que se dá às terras é o mais adequado sob o ponto de vista de sua aptidão, são gerados processos de degradação de solos causados, principalmente, pela erosão hídrica ([Merten et al., 1995](#)).

O principal agente erosivo é a água que não infiltra no solo, seja por deficiência de cobertura vegetal, ou por encrostamento superficial do solo. Desta forma, a erosão hídrica é um dos problemas mais sérios da agricultura, pois reduz a capacidade produtiva do solo, transporta sedimentos, nutrientes e agroquímicos, causando problemas na qualidade e disponibilidade da água ([Merten et al., 1995](#)).

Dentro dessa concepção, é importante que haja um instrumento que possa oferecer subsídios às decisões sobre planejamento do uso da terra, tanto no âmbito regional como no local. Com esse propósito, a modelagem da perda de solos pode ajudar, fornecendo previsões para os diferentes usos. Sendo assim, a modelagem matemática dos processos erosivos é uma importante ferramenta para o gerenciamento de bacias hidrográficas e de áreas agrícolas, auxiliando na determinação das práticas conservacionistas e indicando os manejos adequados para os diferentes cenários da paisagem.

Na modelagem da erosão do solo, observam-se a segmentação e a descrição de subprocessos importantes, assim como a desconsideração ou agregação daqueles menos importantes que pouco influenciam os resultados ([Foster, 1988](#)). Um dos primeiros trabalhos de modelagem da erosão foi o de [Cook](#)

(1936) que observou a complexidade do fenômeno erosivo e definiu os principais fatores que afetam o processo: erodibilidade do solo; erosividade da chuva e; cobertura vegetal. No trabalho de [Zingg \(1940\)](#) a formulação de Cook foi complementada com o comprimento de rampa e da declividade, enquanto [Smith \(1941\)](#) apontou a importância das práticas conservacionistas. Posteriormente, [Browning \(1947\)](#) salientou a importância do uso e do manejo do solo.

Com a definição dos principais subprocessos integrantes da modelagem de perda de solo, formulou-se a primeira equação empírica MUSGRAVE, em 1947, num comitê nos Estados Unidos onde a cobertura vegetal apresentava-se como principal fator de redução da energia cinética das chuvas. Nas duas décadas subseqüentes, ocorreu uma geração de dados que culminou na formulação da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) por [Wishmeier & Smith, 1978](#). A EUPS torna-se a mais conhecida e utilizada equação para a modelagem de perda de solo com abrangente divulgação, em razão da simplicidade e da facilidade de utilização. A EUPS ([Wischmeier & Smith, 1978](#)) fornece a perda de solo, tendo como base a multiplicação de seis fatores:

$$E = RKLSCP$$

Onde:

E = perda de solo, em t/ha;

R = fator erosividade da chuva, em MJ.mm/ha.h;

K = fator erodibilidade do solo, em t.h/MJ.mm;

L = fator comprimento de rampa (adimensional);

S = fator declividade, (adimensional);

C = fator uso do solo e manejo (adimensional); e

P = fator práticas conservacionistas (adimensional).

A EUPS é bastante divulgada por causa de sua linearidade e da unicidade de seus fatores que abrangem os principais tópicos que influenciam a erosão laminar (meteorologia, pedologia, geomorfologia e parcela-padrão nos âmbitos

local e regional). Dessa forma, essa equação pode ser usada como guia para o planejamento do uso da terra, estipulando o emprego mais adequado das práticas de conservação.

No entanto, para a obtenção de bons resultados por meio do uso da EUPS, são necessários dados experimentais locais para a determinação dos valores referentes aos fatores da equação. Alguns autores como [Henklain et al. \(1983\)](#); [Bicaia et al., \(1981\)](#) e [Leprun \(1981\)](#), entre outros, apontam essas dificuldades para o Brasil.

Todavia, em razão do elevado grau de empirismo da EUPS e da necessidade de várias medições de campo para sua validação, há, para certas regiões brasileiras, o comprometimento do seu uso para fins quantitativos. No entanto, esse método mostra-se satisfatório para uma análise qualitativa, permitindo a localização geográfica das áreas de maior suscetibilidade natural à erosão laminar. A informação, mesmo sendo qualitativa, já fornece subsídios relevantes para a elaboração do planejamento agrícola e ambiental em grandes e pequenas bacias hidrográficas.

Esse enfoque qualitativo da EUPS, somado à aferição de campo traz importante contribuição para o diagnóstico inicial da bacia hidrográfica. Muitos trabalhos têm dado enfoque qualitativo da erosão com propósito de definir planos e diretrizes de zoneamentos. Os métodos que vêm sendo desenvolvidos baseiam-se em cruzamentos ponderados de planos de informações referentes aos componentes físicos da paisagem ([Becker & Egler, 1996](#) e [Crepani et al., 1996](#)). Como para esse procedimento não existe nenhuma padronização, o resultado fica muito a critério do operador. A adoção da EUPS para fins de qualificação das áreas de vulnerabilidade à erosão apresenta algumas vantagens:

- método amplamente conhecido;
- padronização da metodologia, favorecendo comparações;
- considera os principais fatores para erosão; e
- menos subjetivo que os métodos de cruzamento ponderado.

Desse modo, este trabalho objetiva avaliar a suscetibilidade natural à erosão da bacia hidrográfica do Olaria. A microbacia, pertencente à Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio Descoberto-DF/GO, foi escolhida pela acelerada ocupação agrícola com uso descontrolado e inadequado do solo e da água. Na estratégia de ocupação do meio ambiente torna-se fundamental compreender o arcabouço ambiental e as fragilidades naturais nele existentes.

Descrição da Área de Estudo - Bacia do Olaria-DF

A Bacia do Olaria-DF situa-se no quadrante de 15° 40' 00" a 15° 43' 00" de latitude Sul e de 48° 08' 43" a 48° 12' 18" de longitude Oeste, abrangendo área de 14,4 km², sendo o Córrego Olaria um tributário da Bacia do Rio Descoberto, pertencente à Bacia do Rio Paraná.

Apresenta as mesmas características climáticas do Distrito Federal, incluindo-se no Domínio Morfoclimático do Cerrado ([Ab'Saber, 1963](#)), marcado por chapadões recobertos por Cerrado e penetrados por Florestas-Galerias, desenvolvidas em áreas onde predominam climas tropicais úmidos com duas estações bem definidas. De acordo com a definição de Köppen, as áreas com cotas altimétricas entre 1000 e 1200 metros classificam-se como de clima Tropical de Altitude tipo Cwa, com temperatura média do mês mais frio inferior a 18 °C e do mês mais quente superior a 22 °C. Nas áreas com cotas superiores a 1200 metros, as temperaturas médias do mês mais frio são inferiores a 18 °C e as do mês mais quente, inferiores a 22 °C, com clima Tropical de Latitude tipo Cwb. A média anual das precipitações oscila entre 1200 a 1750 milímetros. A estação seca é bastante rigorosa e se estende, aproximadamente, de maio a setembro, chegando a ocorrer ausência de chuvas nesses meses em alguns anos extremamente secos. A estação chuvosa vai de outubro a abril e apresenta maior pluviosidade no verão (dezembro a março) quando se concentram mais de 80% do total anual de chuvas ([CODEPLAN, 1984](#)).

A geologia da área pertence ao Grupo Paranoá que é considerado de idade Meso/Neoproterozóica. Essa bacia é representada pelas faces Metarritmito Argiloso, sendo composta por alternâncias de metassiltitos e metargilitos e quartzitos finos

em camadas predominantemente centimétricas, com certo domínio da fração silte-argila. A espessura máxima dessa unidade é de cem metros. O ambiente de deposição pode ser interpretado como plataforma pelfítica com tempestitos ocasionais.

As cotas planialtimétricas variam de 1040 metros a 1230 metros. No terço superior da bacia o relevo é plano, enquanto na direção ao entalhamento, sua topografia começa a ficar levemente ondulada com alguns trechos fortemente ondulados.

O estudo pedológico da Bacia do Olaria-DF foi feito pela equipe de Pedologia da Embrapa Cerrados ([Reatto et al., 2000](#)). Os solos foram classificados conforme Camargo et al., 1987 e [Embrapa, \(1999\)](#). As classes identificadas foram: Latossolo Vermelho-Escuro (LATOSSOLO VERMELHO), representando 31,4% da bacia; Latossolo Vermelho-Amarelo (LATOSSOLO VERMELHO AMARELO), com 49,4%; Podzólico Vermelho-Amarelo (NITOSSOLO HÁPLICO), com 3,5%; Cambissolo (CAMBISSOLO), com 11,9%; Plintossolo (PLINTOSSOLO PÉTRICO), com 0,8%; Aluvial (NEOSSOLLO FLÚVICO), com 0,1%; Gleí Pouco Húmico (GLEISSOLO HÁPLICO), com 0,5%; Gleí Húmico (GLEISSOLO MELÂNICO) com 2%; Litólico (R) (NEOSSOLO LITÓLICO), com 0,2% e Afloramento de Rocha, com 0,2% da bacia.

Material e Métodos

A estimativa da erosão potencial foi realizada, considerando apenas os fatores físicos da EUPS, ou seja, erosividade, erodibilidade e fator topográfico, desconsiderando os demais fatores uso-manejo do solo e prática conservacionista. Para esses dois últimos fatores a erosão potencial assume o pior cenário possível. Nesse tópico, descreve-se o procedimento usado para obter o mapa de potencial de erosão.

a) Fator topográfico

O fator topográfico é obtido dos parâmetros de comprimento de rampa e declividade da vertente que podem ser extraídos do modelo digital de terreno (MDT). O termo modelo digital de terreno (MDT) é utilizado para denotar a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no

espaço. Geralmente, associados à altimetria, também podem ser utilizados para modelar informações relativas às unidades geológicas, como teor de minerais ou propriedades do solo ou subsolo, como aeromagnetismo ([Câmara & Medeiros, 1998](#)).

Neste trabalho, o MDT da área foi confeccionado, utilizando-se de quatro cartas digitais, na escala 1:10.000, do SICAD, relativas a numeração 88, 89, 91 e 92. As curvas de nível foram cotadas e interpoladas pelo módulo TOPOGRID do programa ARC/INFO que emprega uma interpolação, baseada na interação por diferenças finitas. Esse algoritmo combina a eficiência de uma interpolação local (métodos como o Inverso do Quadrado da Distância), com métodos de interpolação global que utilizam uma superfície de continuidade, como o interpolador *Kriging* ([ESRI, 1993](#)). A [Figura 1](#) apresenta o mapa hipsométrico proveniente da interpolação e a [Figura 2](#), uma visualização tridimensional do MDT, numa vista frontal da Bacia do Olaria-DF.

A extensão da encosta é um dos fatores que influencia no processo erosivo. Dessa forma, os diferentes modelos de predição de erosão incorporam o comprimento da rampa, nas suas equações, relacionando a topografia com a perda de solo. Entretanto, a maior parte das metodologias obtém, para as bacias hidrográficas, um comprimento de rampa baseado na estimativa de um valor médio para a área de estudo ([Williams & Berndt, 1977](#); [Vilela e Mattos, 1975](#)), o que é uma grande simplificação da realidade. Isso se deve à dificuldade da individualização de cada vertente por meio de procedimentos manuais sobre bases cartográficas, tornando o procedimento muito difícil e moroso. Com o advento das técnicas de geoprocessamento, os modelos de perda de solo tiveram uma tendência ao desenvolvimento de métodos que empregam modelos distribuídos, os quais necessitam de adaptações para a substituição dos valores médios por valores distribuídos, ou seja, valores específicos para cada unidade de área (pixel). Essa tendência pode ser observada da ampla utilização dos mapas de declividade, gerados em ambiente computacional que apresentam valores distribuídos. No entanto, nessa automatização, a determinação do comprimento de rampa, não é um procedimento corriqueiro, não existindo nos programas de geoprocessamento ([Carvalho Júnior et al., 1997](#)).

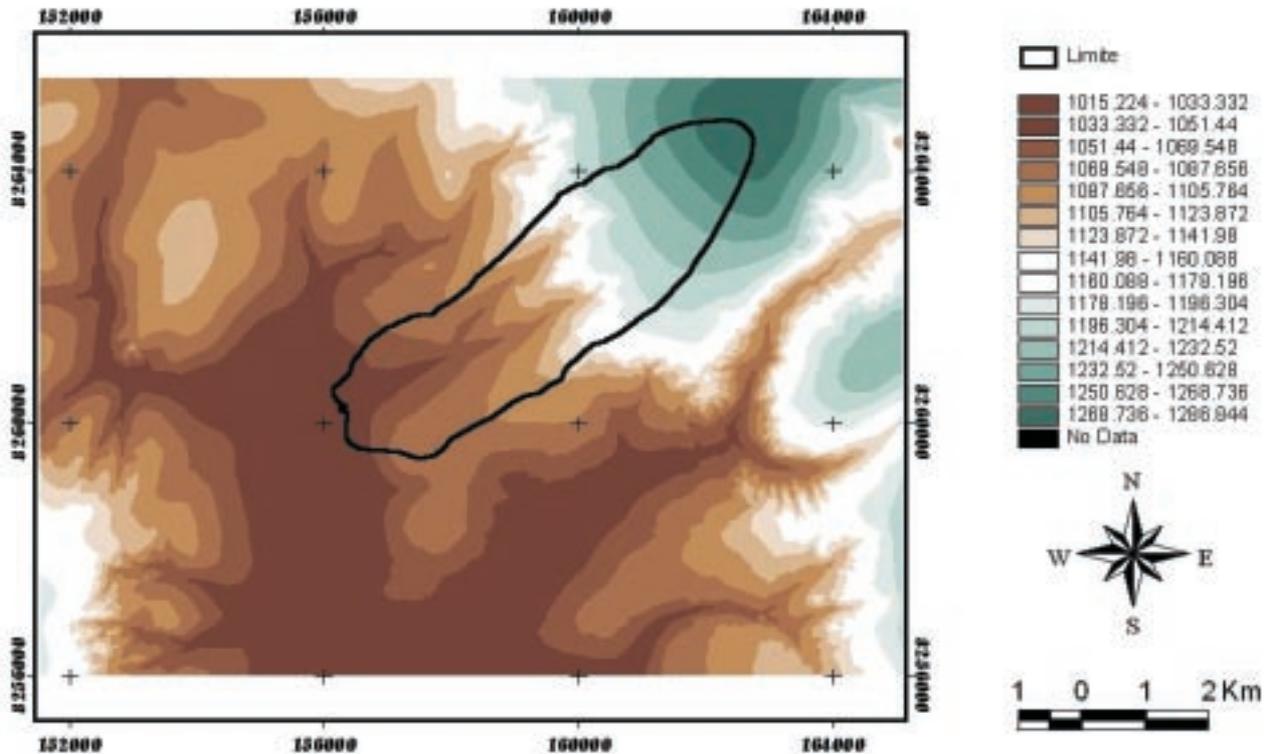


Figura 1. Mapa hipsométrico do quadrante que envolve a área de estudo.

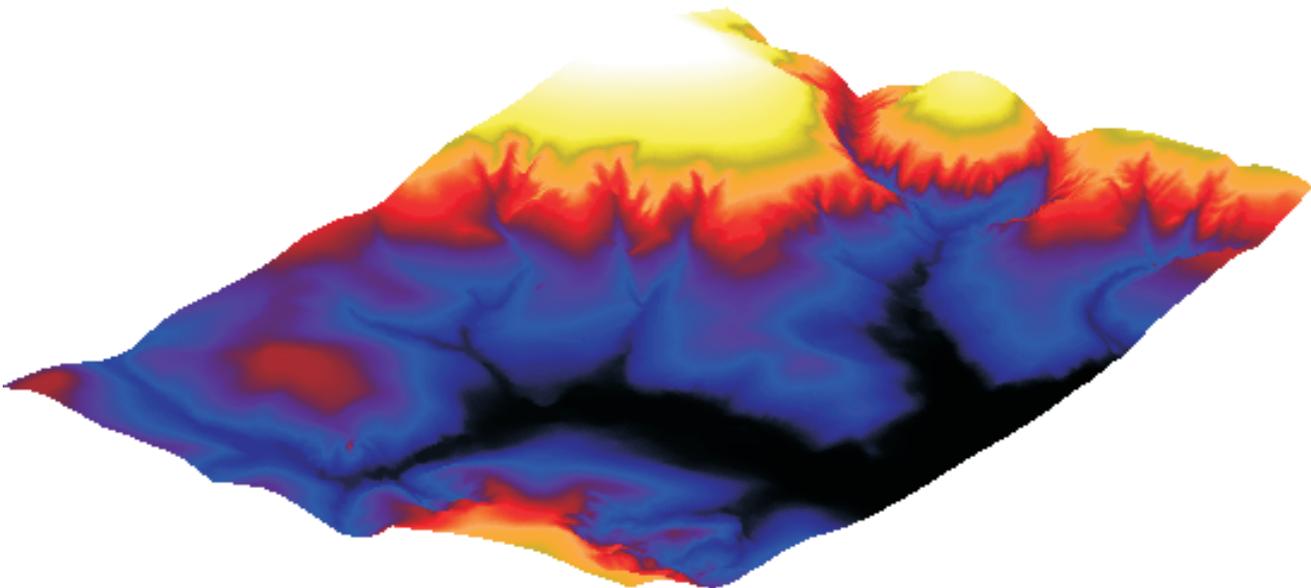


Figura 2. Visualização tridimensional do Modelo Digital de Terreno com vista frontal para a Bacia do Olaria-DF.

Uma proposição matemática mais elaborada foi realizada por [Desmet & Govers \(1996\)](#) para calcular o fator de comprimento de rampa a partir da área de contribuição, considerando as formulações desenvolvidas por [Foster & Wischmeier \(1974\)](#). A equação obtida pelos autores para o fator comprimento de rampa é expressa como:

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

Onde:

$A_{i,j-in}$ = área de contribuição da célula com coordenada (i, j) (m²);

D = tamanho da célula (m);

m = coeficiente função da declividade para grade de células com coordenadas (i, j);

x = coeficiente função do aspecto para grade de células com coordenadas (i, j);

Sendo o coeficiente “m”, obtido das classes de declividade, onde:

- m = 0,5 se a declividade for > 5%;
- m = 0,4 para o intervalo de 3% a 5%;
- m = 0,3 para o intervalo de 1% a 3%; e
- m = 0,2 para grau de declividade < 1%.

Já o coeficiente “x” é função da direção de fluxo (aspecto), sendo obtido da equação:

$$x = \text{sena} + \text{cosa} \quad (2)$$

Onde:

a = ângulo da direção de fluxo.

Os mapas derivados são obtidos diretamente do MDT, utilizando o programa ARC-VIEW e consistem nos arquivos de entrada de um programa que otimiza a operação de [Desmet e Govers \(1996\)](#), desenvolvido em linguagem IDL por [Carvalho Júnior & Guimarães \(2001\)](#). Esse programa confecciona mapas do coeficiente m, coeficiente x, do comprimento de rampa e do fator topográfico.

b) Erodibilidade (K)

A erodibilidade reflete as propriedades inerentes do solo. As principais propriedades de erodibilidade do solo pela água são as que afetam a velocidade de infiltração, a permeabilidade e a capacidade total de armazenamento de água; resistem às forças de dispersão, ao salpico, à abrasão e ao transporte por meio do escoamento ([Bertoni et al., 1975](#)). O método adotado para confeccionar o mapa de erodibilidade dos solos da Bacia do Olaria-DF apresenta os seguintes passos:

- Digitalização do mapa pedológico da Embrapa (2000) relativo à área da Bacia do Olaria-DF, contendo as classes e subclasses de solo ([Figura 3](#));
- Cálculo do fator K de acordo com o nomograma de [Wischmeier et al. \(1971\)](#). Os valores obtidos do nomograma foram multiplicados pelo fator de conversão 0,1317, para passar do sistema inglês para o sistema internacional ([Foster et al., 1981](#));
- Cálculo do fator K foi estimado pelo nomograma de [Wischmeier et al. \(1971\)](#) ([Figura 4](#)). A [Tabela 1](#) apresenta os valores de erodibilidade do solo para a Bacia do Olaria-DF segundo o nomograma de [Wischmeier et al., 1971](#); e
- Reclassificação das unidades pedológicas de acordo com os valores obtidos de K, gerando o mapa de erodibilidade dos solos da Bacia do Olaria-DF.

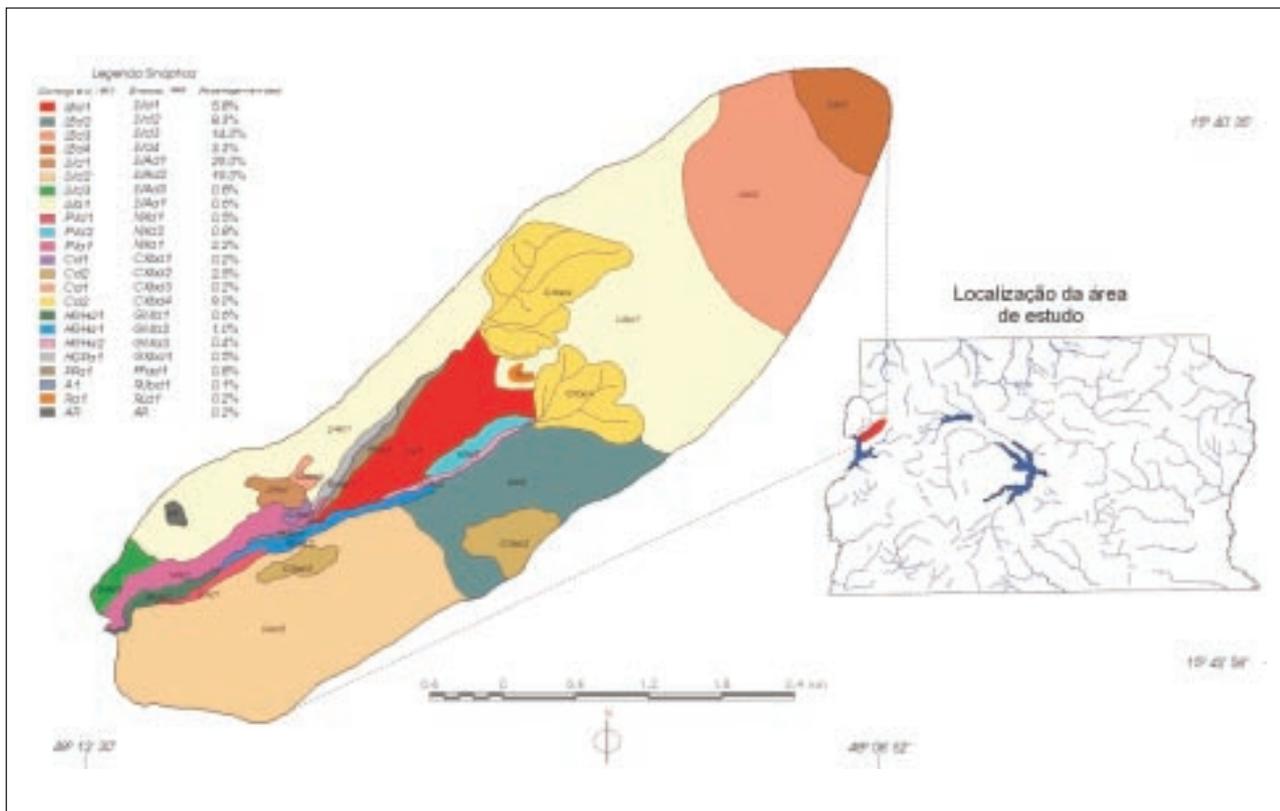


Figura 3. Mapa pedológico da Bacia do Olaria-DF.

Fonte: [Reatto et al. \(2000\)](#).

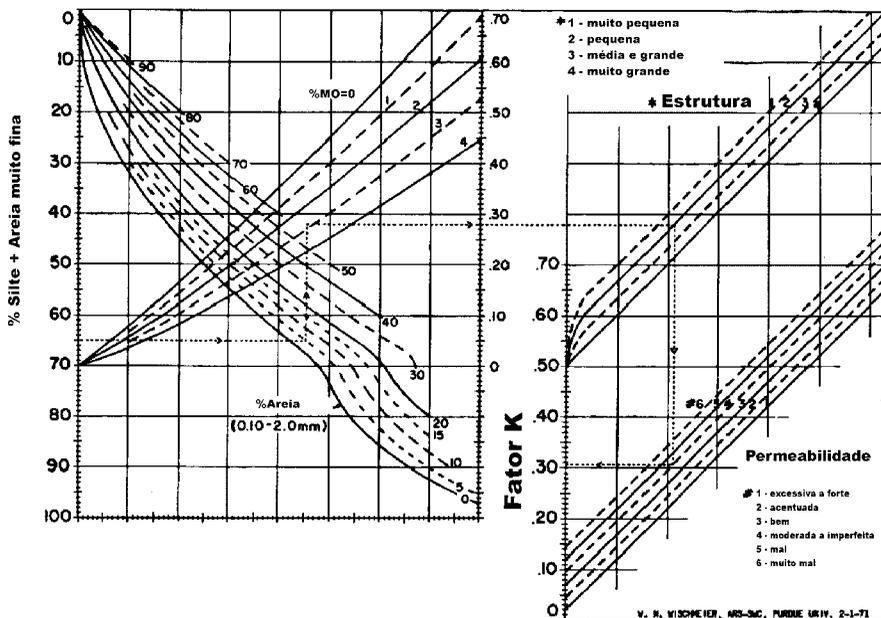


Figura 4. Nomograma para estimar a erodibilidade (K).

Fonte: ([Wischmeier et al., 1971](#)).

Tabela 1. Determinação do Valor de K para os Solos da Bacia do Olaria-DF.

Classes de Solos	Valor de K
LATOSSOLO VERMELHO (LV)	
LVd ₁	0,0263
LVd ₂	0,0092
LVd ₃	0,0144
LVd ₄	0,0105
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO (LVA)	
LVA _{d1}	0,0171
LVA _{d2}	0,0237
LVA _{d3}	0,0144
LVA _{a1}	0,0118

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Classes de Solos	Valor de K
NITOSSOLO HÁPLICO (NX)	
NXd ₁	0,0197
NXd ₂	0,0421
NXa ₁	0,0342
CAMBISSOLO HÁPLICO (CX)	
CXd ₁	0,0237
CXd ₂	0,0158
CXa ₁	0,0263
CXa ₂	0,0210
GLEISSOLOS (GM e GX) e PLINTOSSOLOS (FF)	
GMd ₁	0,0158
GMd ₁	0,0273
GMd ₃	0,0395
GXa ₁	0,0355
FFad	0,0092
NEOSSOLO FLÚVICO (RU)	
RUbd ₁	0,0250
NEOSSOLO LITÓLICO (RLd)	
RLd ₁	0,0368

Fonte: [Reatto et al. \(2000\)](#).

c) Erosividade (R)

O fator erosividade (R) é um índice que expressa a capacidade de erosão da chuva em uma área desnuda. A erosividade é produto de duas características da chuva: sua energia cinética total e sua intensidade máxima em trinta minutos. Esse produto representa um termo de interação que mede o efeito de como a erosão por impacto e a turbulência se combinam com a enxurrada para transportar as partículas de solo desprendidas ([Bertoni & Lombardi, 1990](#)).

Na estimativa da erosividade da chuva, utilizou-se a formulação de [Lombardi Neto & Moldenhauer \(1980\)](#), baseada em 22 anos de registro de precipitação em Campinas.

$$R = \sum EI \quad (3)$$

Sendo

$$EI = 67,355 (r^2 / P)^{0,25} \quad (4)$$

Onde:

R = erosividade, em MJ.mm/ha.h

EI = média mensal do índice de erosividade, em MJ.mm/ha.h;

r = média do total mensal de precipitação, em mm;

P = média do total anual de precipitação, em mm.

d) Potencial de Erosão

O potencial de erosão é a propensão à erosão laminar de determinada área, desconsiderando os aspectos de uso e cobertura vegetal. O mapa de potencial de erosão da Bacia do Olaria-DF foi obtido da multiplicação dos fatores físicos da EUPS, anteriormente descritos. Para a Bacia do Olaria-DF, foi extrapolado um único valor de erosividade por causa da presença de apenas uma estação meteorológica nas proximidades. Dessa forma, para confeccionar o mapa de seu potencial de erosão, foram utilizados apenas os mapas referentes ao fator topográfico e a erodibilidade da bacia.

Resultados

Os principais resultados obtidos de cada fator para o cálculo do potencial de erosão serão descritos neste tópico.

a) Fator topográfico

O mapa do fator topográfico foi elaborado com base nos mapas da área de contribuição, declividade (para gerar o coeficiente m) e aspecto (para gerar o coeficiente x) ([Figuras 5, 6 e 7](#)). Esse mapa mostra que as áreas de maior suscetibilidade à erosão estão próximas às cabeceiras e à rede de drenagem ([Figura 8](#)). Os córregos apresentam-se encaixados, com vertentes convexas que aumentam a declividade em direção aos canais de drenagem. Nessas vertentes, as localidades onde ocorre acumulação de fluxo tornam-se áreas mais susceptíveis aos processos erosivos. Essas características salientam a importância da preservação ambiental das áreas de nascentes e margens fluviais.

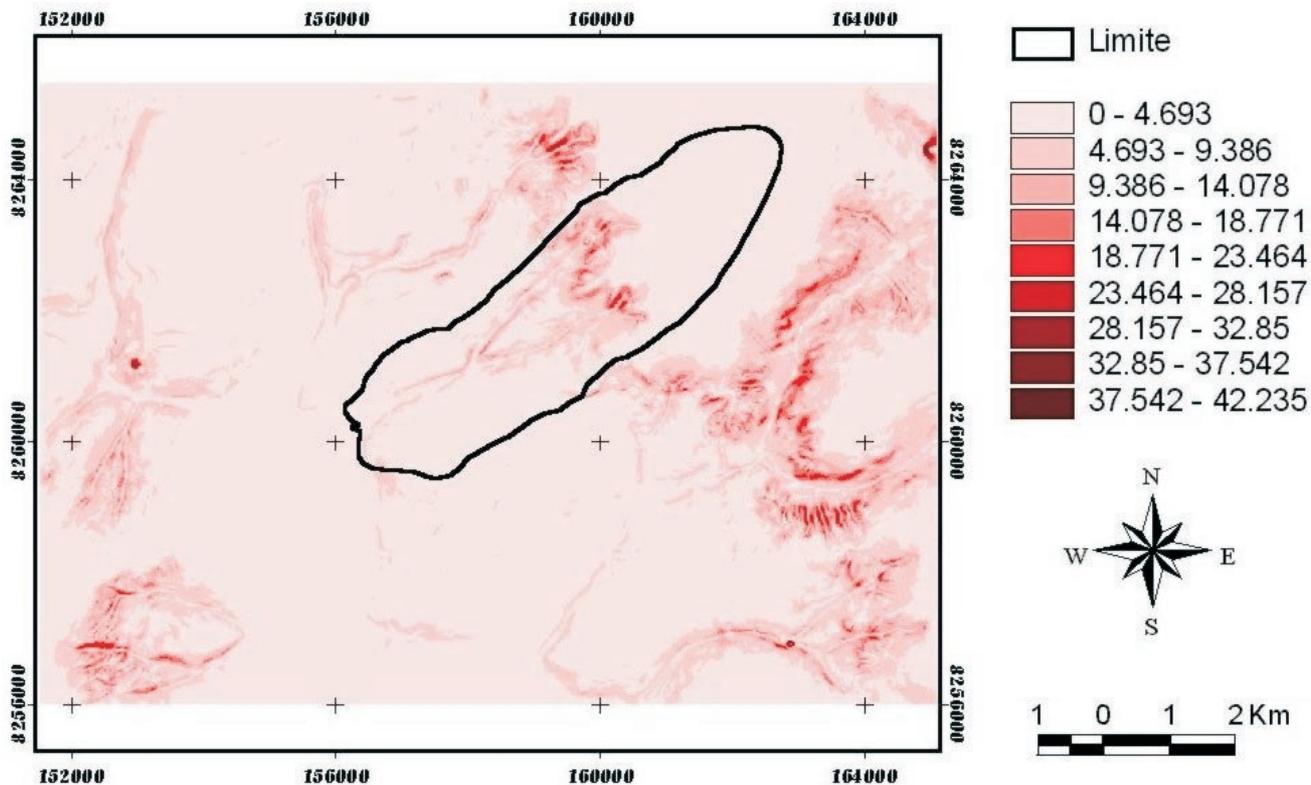


Figura 5. Mapa de declividade do quadrante que envolve a área de estudo.

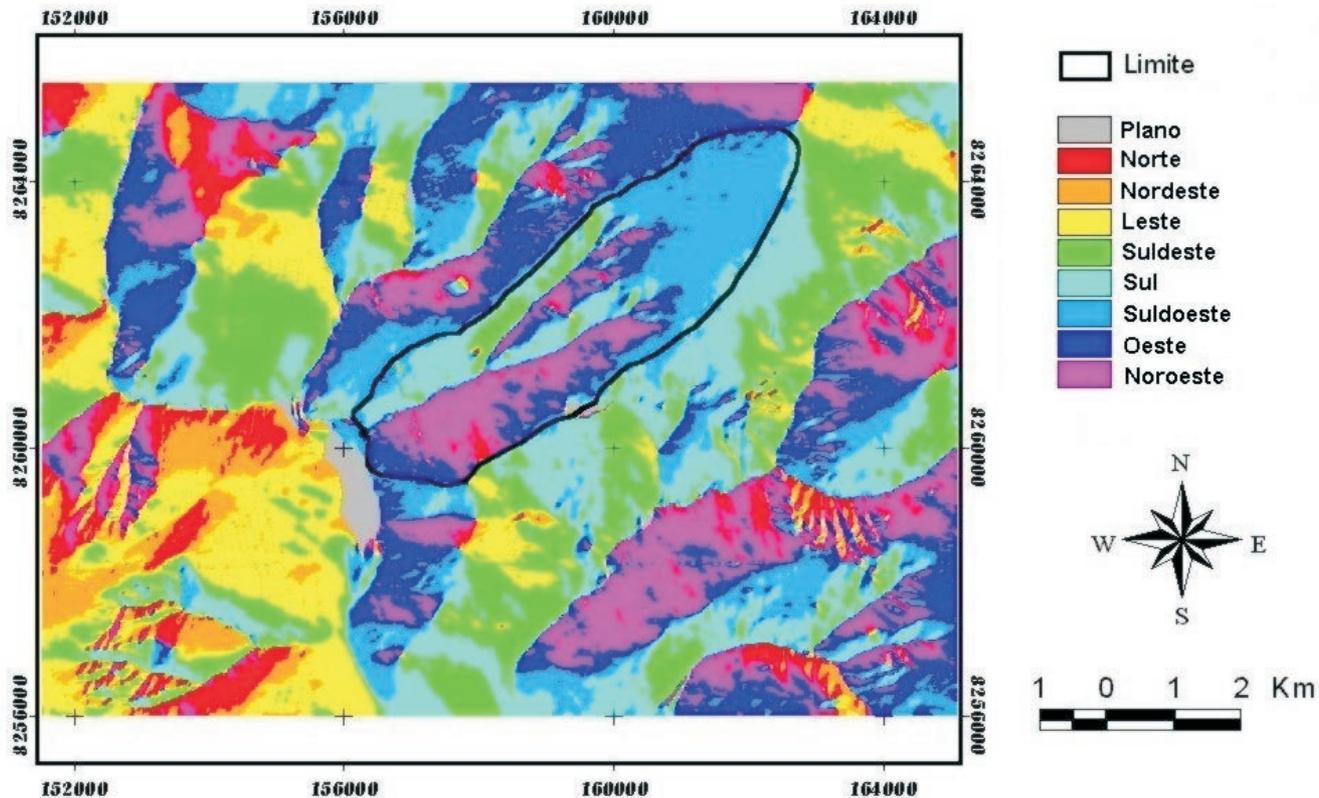


Figura 6. Mapa de aspecto do quadrante que envolve a área de estudo.

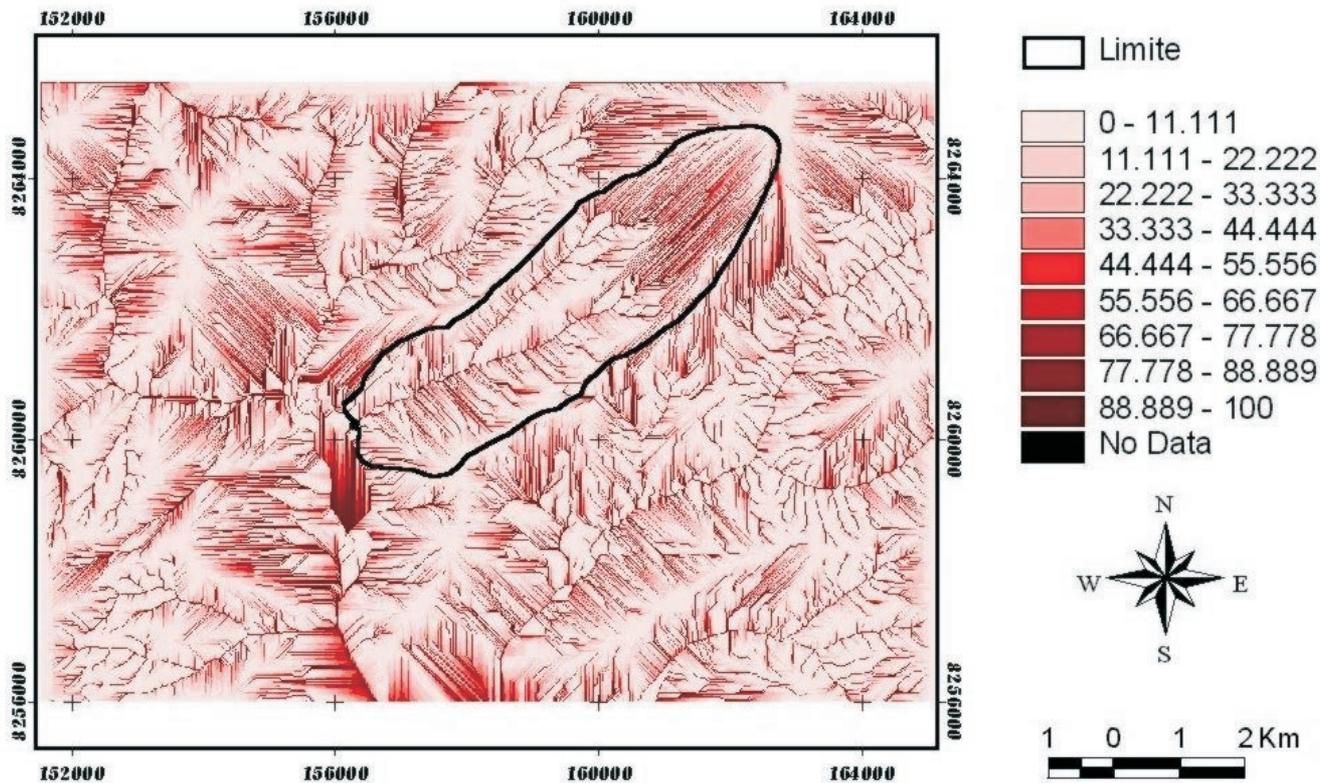


Figura 7. Mapa de acumulação de fluxo do quadrante que envolve a área de estudo.

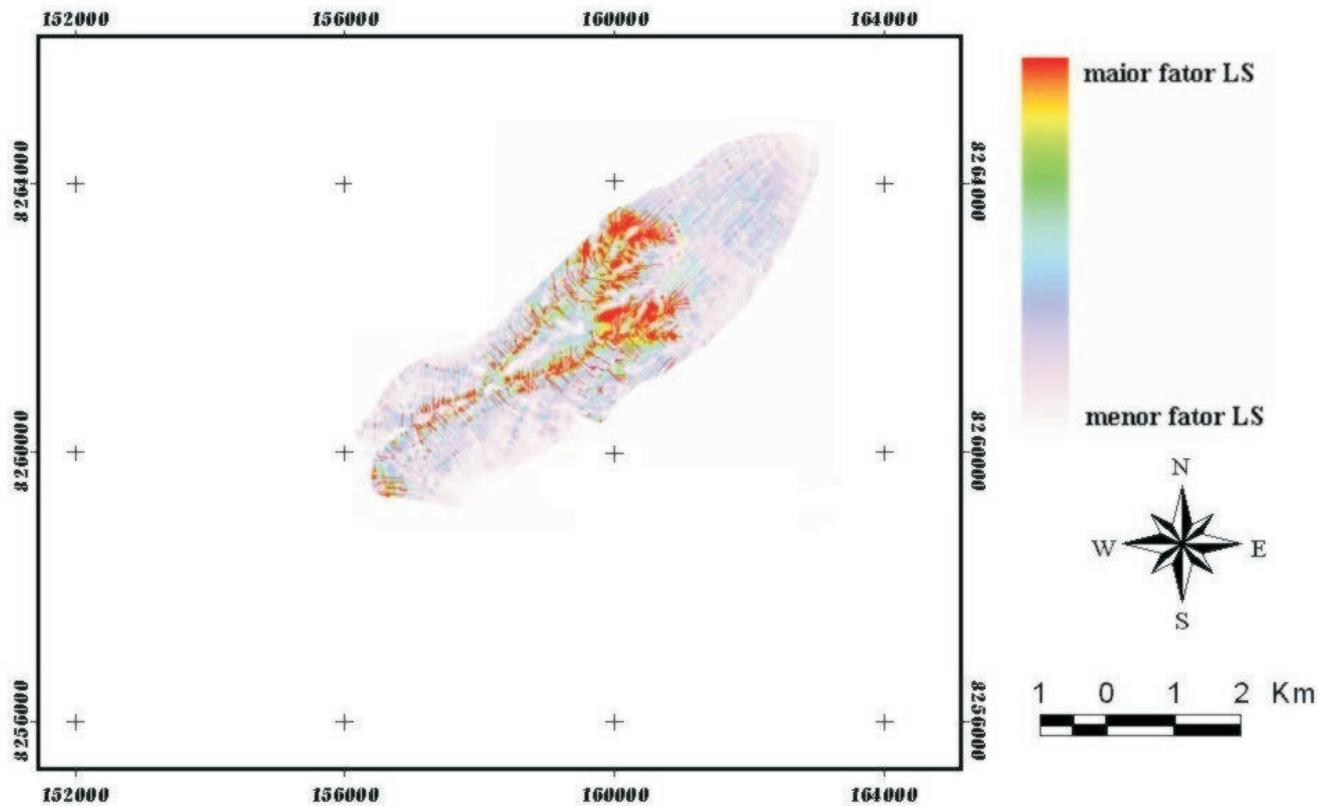


Figura 8. Mapa do fator LS da Bacia do Olaria-DF.

b) Erodibilidade

A erodibilidade apresentou variabilidade conforme a classe do solo e seu posicionamento na bacia. A classe LATOSSOLO VERMELHO (LV) apresentou a seguinte ordem decrescente para os valores de K: LVd1 (0,0263 t.h/MJ.mm); LVd3 (0,0144 t.h/MJ.mm); LVd4 (0,0105 t.h/MJ.mm) e LVd2 (0,0092 t.h/MJ.mm) ([Tabela 1](#)). A classe LVd1 sobressai-se em relação às demais por causa do seu posicionamento no interflúvio dos Rios Olaria e do Índio ([Figura 9](#)).

Em relação à classe LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO (LVA), verifica-se a seguinte ordem de K: LVAd2 (0,0237 t.h/MJ.mm); LVAd1 (0,0171 t.h/MJ.mm); LVAd3 (0,0144 t.h/MJ.mm) e LVAd4 (0,0118 t.h/MJ.mm) ([Tabela 1](#)). Para a classe LVAd₂, os valores de K apresentaram-se superiores em relação aos demais, o que pode ser explicado pela inclusão da classe CXbd₂ ([Figura 4](#)).

A classe NITOSSOLO HÁPLICO (NX) apresentou valores mais elevados de K; respectivamente NXd2 (0,0421 t.h/MJ.mm); Nxa1 (0,0342 t.h/MJ.mm) e NXd1 (0,0197 t.h/MJ.mm), ([Tabela 1](#)). Essas unidades de mapeamento estão situadas na posição intermediária de encostas côncavas ([Figura 4](#)) na área de maior potencial erosivo ([Figura 5](#)).

Os solos hidromórficos, representados pelas classes GLEISSOLO MELÂNICO (GM), GLEISSOLO HÁPLICO (GX) PLINTOSSOLO PÉTRICO (FF) e a classe NEOSSOLO FLÚVICO (RU), bem como o NEOSSOLO LITÓLICO (RL) apresentam-se próximos à classe dos Nitossolos com alto potencial erosivo. Os valores de erodibilidade do solo (K) para os solos hidromórficos são em ordem decrescente: GMd3 (0,0395 t.h/MJ.mm), GXbd1 (0,0355 t.h/MJ.mm), GMd2 (0,0273 t.h/MJ.mm), GMd1 (0,0158 t.h/MJ.mm) e FFad1 (0,0092 t.h/MJ.mm). A classe NEOSSOLO FLÚVICO (RU) apresentou o valor de K na ordem de 0,0250 t.h/MJ.mm e o NEOSSOLO LITÓLICO (EM) 0,0368 t.h/MJ.mm ([Tabela 1](#)).

A classe dos Cambissolos (C), nas unidades de mapeamento da Bacia do Olaria-DF, apresenta comportamento similar para os valores de K. Apenas na classe CXbd2 o valor de K foi inferior, provavelmente por estar na região mais afastada do maior potencial erosivo e dos interflúvios.

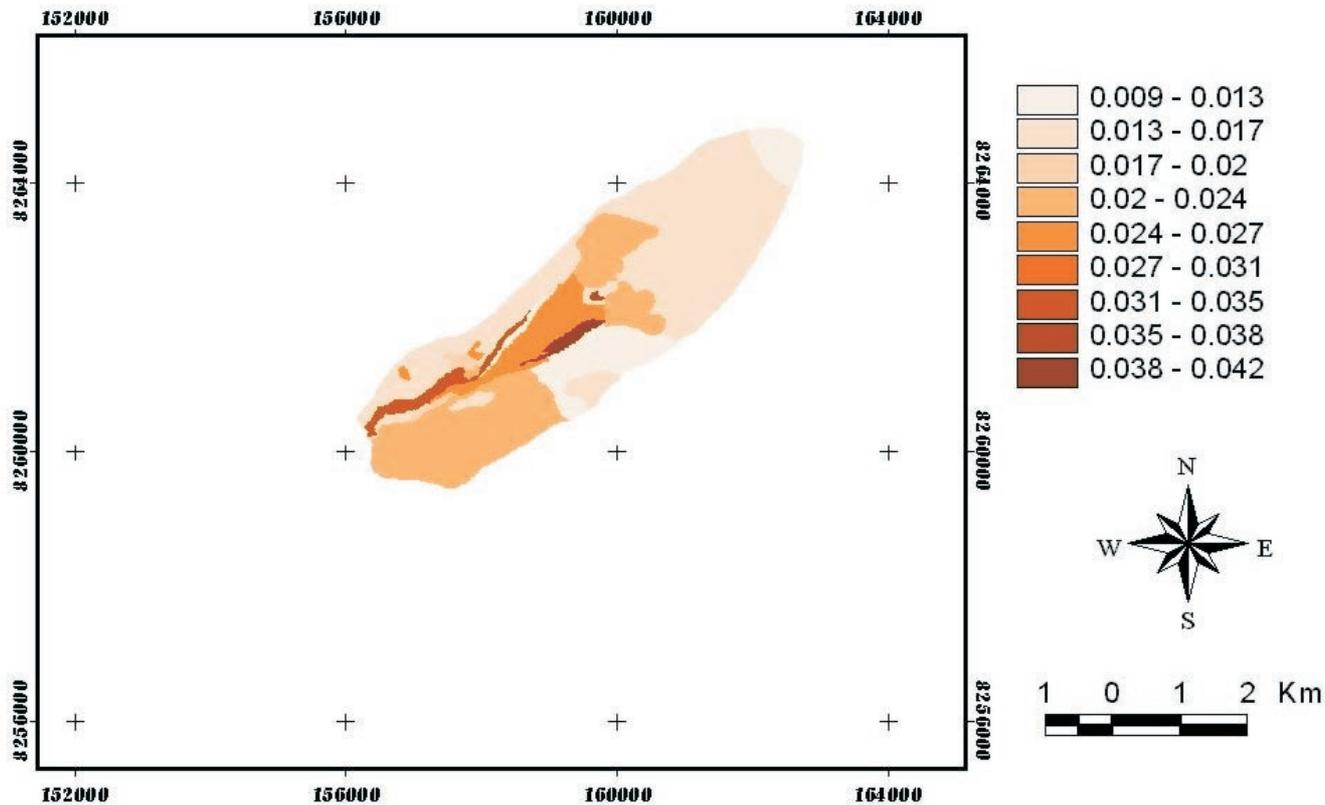


Figura 9. Mapa de erodibilidade da Bacia do Olaria-DF.

O emprego das subclasses do solo demonstrou uma variação do valor de K, dentro da mesma classe, como foi observado nos cambissolos e latossolos. Essas variações evidenciam um ordenamento espacial coerente com a paisagem, demonstrando que o emprego das subclasses representa um ganho na análise.

c) Erosividade

Com base nos dados de uma estação pluviométrica, localizada na Bacia do Olaria-DF (Figura 10) obteve-se um valor de erosividade de 8.145 MJ.mm/ha.h que foi extrapolado para toda a bacia. A [Tabela 2](#) apresenta os valores de distribuição mensal dos valores de precipitação média mês, máximo dia e média de dias em que houve ocorrência de chuva.

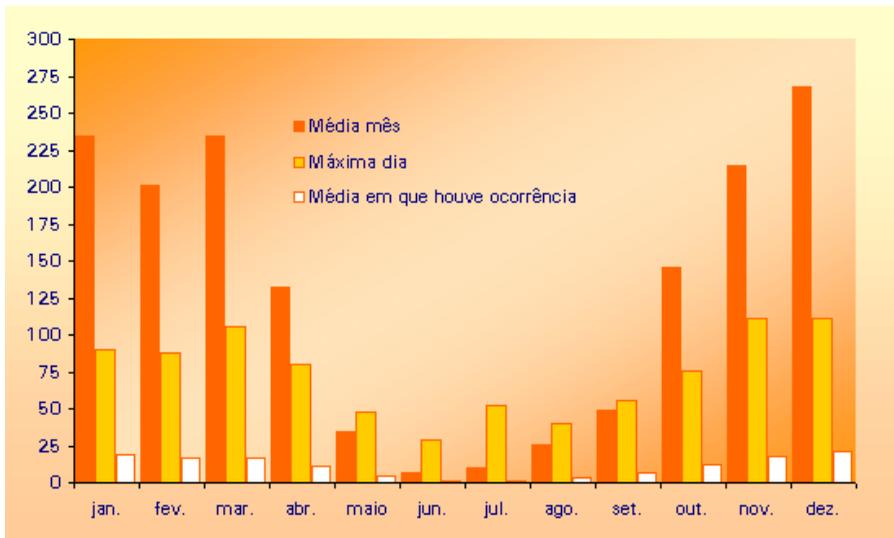


Figura 10. Distribuição mensal dos valores de precipitação média mês, máximo dia e média de dias em que houve ocorrência de chuva.

Tabela 2. Pluviosidade e erosividade da Bacia do Olaria-DF.

Meses	Média do total mensal de precipitação (mm)	EI (MJ.mm/ha.h)
Jan.	234,0	1391,152
Fev.	201,3	1077,066
Mar.	234,1	1392,163
Abr.	132,5	529,0232
Mai	33,9	52,12514
Jun.	7,1	3,65466
Jul.	9,7	6,211832
Ago.	25,2	31,48391
Set.	48,4	95,48714
Out.	145,5	620,2615
Nov.	214,1	1196,069
Dez.	267,9	1750,900
Total	1553,7	R = 8145,597

d) Potencial de erosão

Para a Bacia do Olaria-DF, o potencial de erosão sofre forte influência do fator topográfico, constatada pela similaridade entre os mapas ([Figura 11](#)). No mapa de potencial de erosão destacam-se as áreas mais susceptíveis à erosão as quais se encontram nas vertentes convexas próximas aos canais de drenagem onde se encontram as mais altas declividades e solos com maiores valores de fator de erodibilidade (CAMBISSOLOS e GLEISSOLOS).

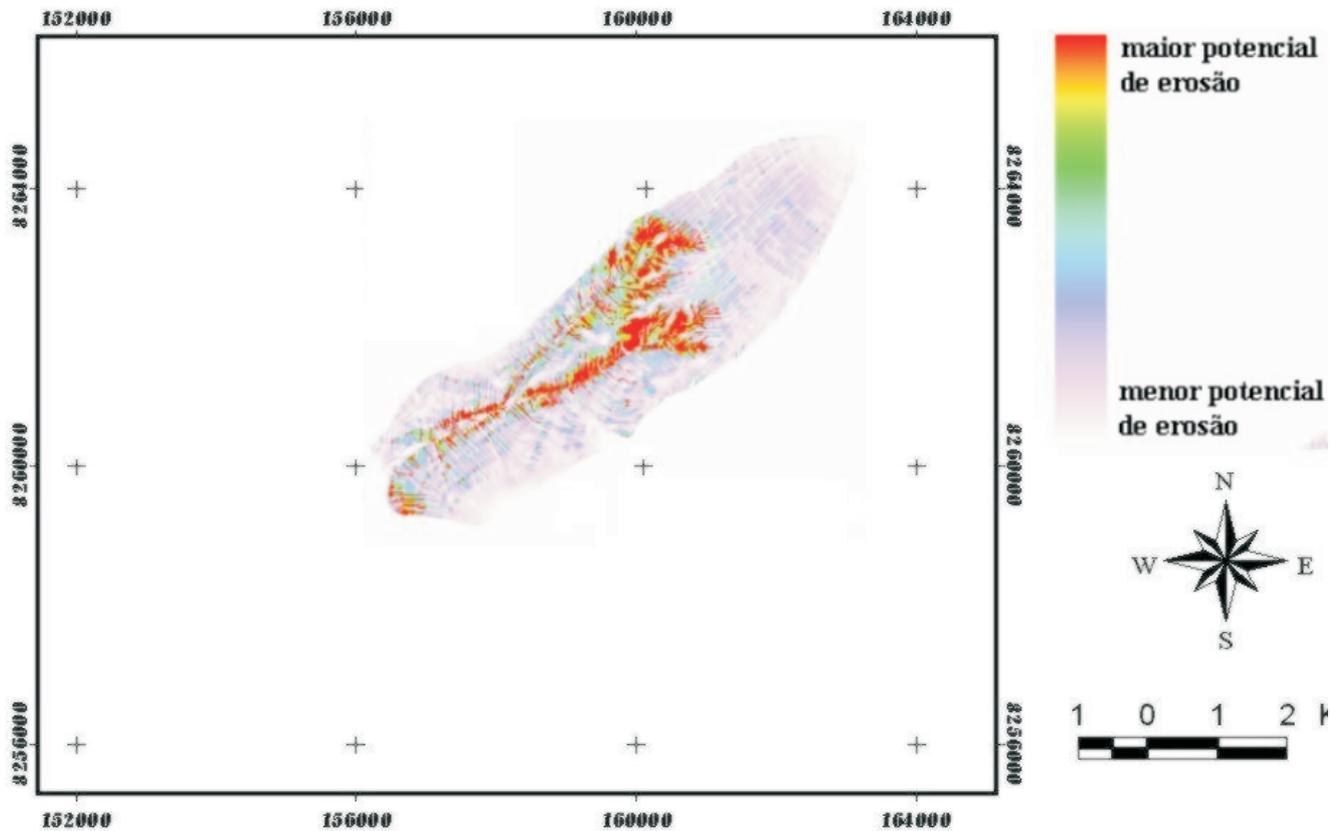


Figura 11. Mapa do potencial de erosão da Bacia do Olaria-DF.

Conclusões

O emprego do mapa de acumulação de fluxo permite melhor representação do fator comprimento de rampa e conseqüentemente do fator topográfico.

Os valores mais elevados do fator topográfico na Bacia do Olaria-DF localizam-se nas vertentes convexas com acumulação de fluxo.

Os solos com maiores valores de erodibilidade foram os CAMBISSOLOS e os GLEISSOLOS.

A erosividade por ser considerada constante não influenciou na segmentação da área sendo apenas útil para futuras comparações com outras localidades.

No mapa de potencial de erosão observa-se que as vertentes próximas às drenagens são áreas de maior suscetibilidade por convergirem altos valores do fator topográfico e erodibilidade.

Como a instabilidade tende a acelerar com o uso, as áreas susceptíveis à erosão são importantes para a conservação da bacia hidrográfica.

Referências Bibliográficas

- AB'SABER, A. N. Contribuição à geomorfologia da área dos cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 1962, São Paulo. [Anais]. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1963. p. 117-124.
- BECKER B. K.; EGLER, C. A. G. **Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos Estados da Amazônia Legal**. Brasília: MMA: Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 1997. 43 p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 3. ed. São Paulo: Ícone, 1990. 355 p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; BERNATTI JÚNIOR, R. **Equação de perdas de solo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1975. 25 p. (Boletim Técnico, 21).

BICAIA, R. C. M.; RUFINO, R. L.; HENKLAIAN, J.C. Cálculo de erodibilidade (Fator K) de dois solos do Estado do Paraná. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v. 5, p. 183-186, 1981.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Produção Agropecuária. **Manejo e conservação do solo e da água**: informações técnicas. Brasília, 1983. 66 p.

BROWNING, P. C. L.; CLASS, J. A. A method for determining the use and limitation of rotation and conservation practices in control of soil erosion in Iowa. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 23, p. 246-249, 1947.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Geoprocessamento para projetos ambientais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1996, Salvador. **Anais**. São Paulo: INPE / Sociedade Latino-Americana de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Espaciais, 1996. Cap.1. p.1-13.

CARVALHO JUNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F. Implementação em ambiente computacional e análise do emprego da área de contribuição no cálculo do fator topográfico (LS) da USLE. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 7., 2001, Goiânia. **Anais**. Goiânia: ABGE, 2001. 1 CD-ROM

CARVALHO JUNIOR, O. A.; CARVALHO, A. P. F.; OLIVEIRA, A. L. Metodologia para a estimativa da distância horizontal do comprimento de rampa por meio de técnicas de geoprocessamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Informação, globalização, uso do solo**: anais. Rio de Janeiro: SBCS, 1997. 1 CD-ROM.

CODEPLAN. **Atlas do Distrito Federal**. Brasília, 1984.

COOK, H. L. The nature and controlling variables of the water erosion process. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, p. 487-494, 1936.

CREPANI, E. M; AZEVEDO, J. S; HERNANDEZ FILHO, L. G.; GALLOTTI, P., DUARTE T. G. **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico**. São José dos Campos: INPE, 1996. INPE-6145-PUD/028.

DESMET, P. J. J.; GOVERS, G. A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, IA, v. 51, n. 5, p. 427-433. 1996.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412 p.

ENVIROMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **Understanding GIS – The ARC/INFO Method**. New York: Wiley, 1993. 535 p.

FOSTER, G. R.; WISCHMEIER, W. H. Evaluating irregular slopes for soils loss prediction. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, MI, v. 17, p. 305-309, 1974.

FOSTER, G. R. Development and use of models for management of runoff and erosion process. In: MODELING agricultural, forest and rangeland hydrology. [St. Joseph]: ASAE, 1988. p. 156-165. Proc. of the 1988 Int. Symp. Chicago.

FOSTER, G. R.; MCCOOL, D. K.; RENARD, K. G.; MOLDENHAUER, W. C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, IA, v. 36, p. 355-359, 1981.

HENKLAIN, J. C.; FREIRE, O. Avaliação do método nomográfico para determinação da erodibilidade de latossolos do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, p. 191-195, 1983.

LEPRUN, J. C. **A erosão, a conservação e o manejo do solo no nordeste brasileiro: balanço, diagnóstico e novas linhas de pesquisas**. Recife: SUDENE-DRN, 1981. 150 p.

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, 3. 1980. Recife, PE. **Anais do 3º Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo**. Recife: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1981.

MERTEN, G. H.; CAVIGLIONE, J. H.; CIACOMINI, D. C.; RUFINO, R.L.; MEDEIROS, G.; SAINTRAIN, D.; RIBAS G. C.; DEDECEK, R.; KESSLER, C. A. **El uso del SIG del modelo USLE para determinar mapas de erosion potencial y actual en las microcuencas pilotos de Água Grande y Córrego do Pensamento, Mamborê, Paraná, Brasil**. Santiago, Chile: Proyecto Regional GCP /RLA /107 / JPN. 1995. (FAO. Documento de Campo, 6). 43 p.

REATTO, A.; SPERA, S. T.; CORREIA, J. R.; MARTINS, E. S.; BLOISE, G. L. F.; SOUZA, G. D.; SILVA, A. V. **Levantamento semidetalhado dos solos da bacia do Olaria - DF escala 1:30.000**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2000. 1 CD-ROM. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 15).

RESENDE, M.; ALMEIDA, J. R. Modelos de predição de perda de solo: uma ferramenta para manejo e conservação do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 128, p 38-54, 1985.

SMITH, D. D. Interpretation of soil conservation data for field use. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v. 22, p. 173-175, 1941.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw Hill do Brasil, 1975.

WILLIAMS, J. R.; BERNDT, H. D. Determining the universal soil loss equation's length – slope factor for watersheds. In: NATIONAL CONFERENCE ON SOIL EROSION, 1976, West Lafayette, Indiana. **Soil erosion: prediction and control: proceedings**. Ankeny: Soil Conservation Society of America, 1977. p. 217-225.

WISCHEMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide planning**. Washington, DC: USDA, 1978. 58 p. (USDA. Agriculture Handbook, 537).

WISCHEMEIER, W. H., JOHNSON, C. B.; CROSS, B. V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny; IA, v. 26, p. 189-193, 1971.

ZINGG, R. W. Degree and length of land slope as it affects soil loss runoff. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v. 21, p. 59-64, 1940.