

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/272944070>

# Determinação do Fator LS da Equação Universal de Perda de Solo em versão sem rasuras obtida no ARQUIVO da FATORGIS

Data · January 2000

CITATIONS

0

READS

495

2 authors, including:



[Harry Edmar Schulz](#)

University of São Paulo

262 PUBLICATIONS 405 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Turbulence generated by oscillating-grid (s) in a water tank [View project](#)



Meios Porosos [View project](#)

# ESTIMATIVA E ANÁLISE DO FATOR TOPOGRÁFICO (LS) DA EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLO FEITO COM O USO DE APLICATIVO INFORMATIZADO COMPATÍVEL COM SOFTWARE DE GEOPROCESSAMENTO

Alexandre Marco da SILVA  
& Harry Edmar SCHULZ

## RESUMO

Objetivou-se neste trabalho realizar a estimativa da declividade bem como a determinação dos fatores L e S da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) por meio de sistema de geoprocessamento e também testar a viabilidade de uso de um aplicativo o qual busca determinar os valores dos fatores LS para uma área, contemplando fatores topográficos e hidrológicos. A elaboração de um modelo digital de elevação de terreno para a área de estudo foi dificultada por dois aspectos: 1) a peculiaridade topográfica da região (relevo com movimentação topográfica concentrada numa parte da bacia) e 2) a escala original trabalhada (1:100.000), a qual omite detalhes topográficos que podem ser relevantes do ponto de vista da erosão e cuja análise teve que ser complementada com informações de outras fontes cartográficas. Verificou-se desempenho satisfatório do aplicativo, proporcionando resultados rápidos e compatíveis de utilização na estimativa de perda de solo através da utilização da EUPS.

**Palavras-chave:** Equação Universal de Perda de Solo, fator topográfico, USLE-2D, geoprocessamento.

**TITLE: ESTIMATE AND ANALYSIS OF THE TOPOGRAPHICAL FACTOR (LS) OF UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION USING SOFTWARE COMPATIBLE WITH G.I.S. TECHNOLOGY.**

## ABSTRACT

In this paper was realized an estimate of the slope, the determination of L and S factors of the Universal Soil Loss Equation (U.S.L.E.) by G.I.S. technology and was tested the viability of utilization of a software that seek to determine, by electronic way, the value of LS factors to any area, contemplating too topographical and hydrological factors in it's analyses. The elaboration of the Digital Elevation Model for study area was difficult by two aspects: 1) The topographical particularity of the local (relief with concentrated topographical variation) and 2) The original scale of the topographical map that was considered small (1:100,000), which did neglect very topographical details important for the erosion comprehension and that analysis was complemented with information of others cartographic sources. The software showed good performance, providing quick results and compatibles to use on soil loss estimate by USLE utilization.

**Key-words:** Universal Soil Loss Equation, topographical factor, USLE-2D, geographical information system (G.I.S.).

## INTRODUÇÃO

A Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), elaborada por Wischmeier & Smith (1978), consiste num importante método de prever perdas de solo, amplamente utilizado no mundo todo, pois contempla variações regionais, quer seja de origem climatológica, topográfica, pedológica, ou mesmo de uso do solo. A expressão matemática desta equação é:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

onde:

**A** - perda de solo calculada por unidade de área x unidade de tempo.

**R** - fator erosividade da chuva.

**K** - fator erodibilidade do solo.

**L** - fator comprimento de rampa.

**S** - fator declividade da encosta.

**C** - fator cobertura do solo.

**P** - fator prática conservacionista.

Contudo, apesar de seu amplo potencial de utilização, alguns fatores da equação são de difícil obtenção, como é o caso do fator comprimento de rampa (fator L), especialmente quando se deseja estimar a perda de solo de uma área como uma bacia hidrográfica, por exemplo (Tavares, 1986).

Com o surgimento e desenvolvimento do geoprocessamento informatizado permitiu-se também o desenvolvimento de aplicativos que calculam o fator topográfico da EUPS (fatores L e S considerados conjuntamente) a partir do modelo de elevação digital do terreno (MED) previamente gerado em aplicativos de Sistemas de Informação Geográfica (S.I.G.), ganhando-se rapidez de execução e exigindo menos dispêndio de esforço em operações elementares por parte dos usuários.

O software "USLE-2D", por Desmet & Govers (1996), é um aplicativo que permite o cálculo do fator LS da EUPS para uma bacia hidrográfica utilizando-se S.I.G., permitindo o uso de diversas equações matemáticas pelo usuário e contemplando os fatores hidrológicos fundamentais.

O presente trabalho teve como objetivo elaborar o modelo de elevação digital (MED), bem como o mapa de relevo e o mapa do fator LS da EUPS para a bacia hidrográfica do ribeirão Água Fria, localizado em Palmas, capital do estado do Tocantins, visando sua utilização na elaboração de mapas de potencial natural a erosão e mapa de expectativa de perda de solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Localização e características da área de estudo:*

A bacia hidrográfica na qual se efetuou o presente estudo é a Bacia do Ribeirão Água Fria. Ela está localizada no município de Palmas, capital do estado de Tocantins, região norte do país, entre os meridianos 48° 16' e 48° 23' de longitude oeste e 10° e 03' e 10° e 20' de latitude sul (Figura 1). Possui altitude média de 250 metros na área do Plano Diretor e uma área de 16.764,16 hectares. A bacia está

totalmente inserida no território pertencente ao município de Palmas e ocupa cerca de 9% de toda a área do município. A bacia possui ao leste a Serra do Lajeado e a oeste o rio Tocantins, para onde escoam as águas fluviais (Figura 2).

Devido ao grande crescimento populacional que Palmas vem experimentando desde a sua criação em maio de 1989, um tipo de impacto ambiental que está acontecendo no local é a exposição do solo ao processo erosivo. Frisa-se que a parte da bacia do ribeirão Água Fria (onde fica a área central do município) mais amplamente ocupada localiza-se em relevo pouco movimentado.

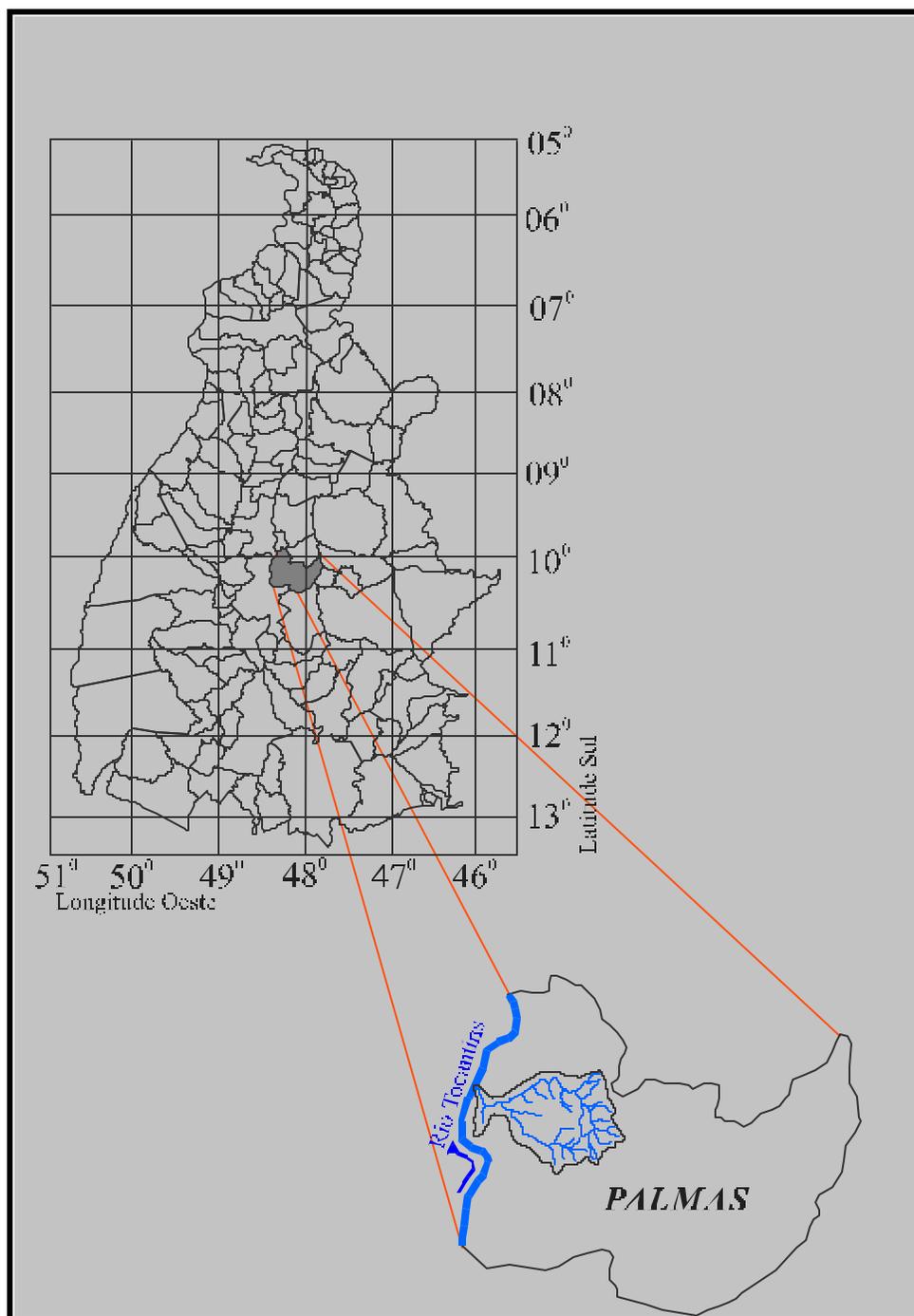


FIGURA 1 - Mapa localizando o município de Palmas e a bacia hidrográfica do Ribeirão Água Fria no estado do Tocantins (sem escala).

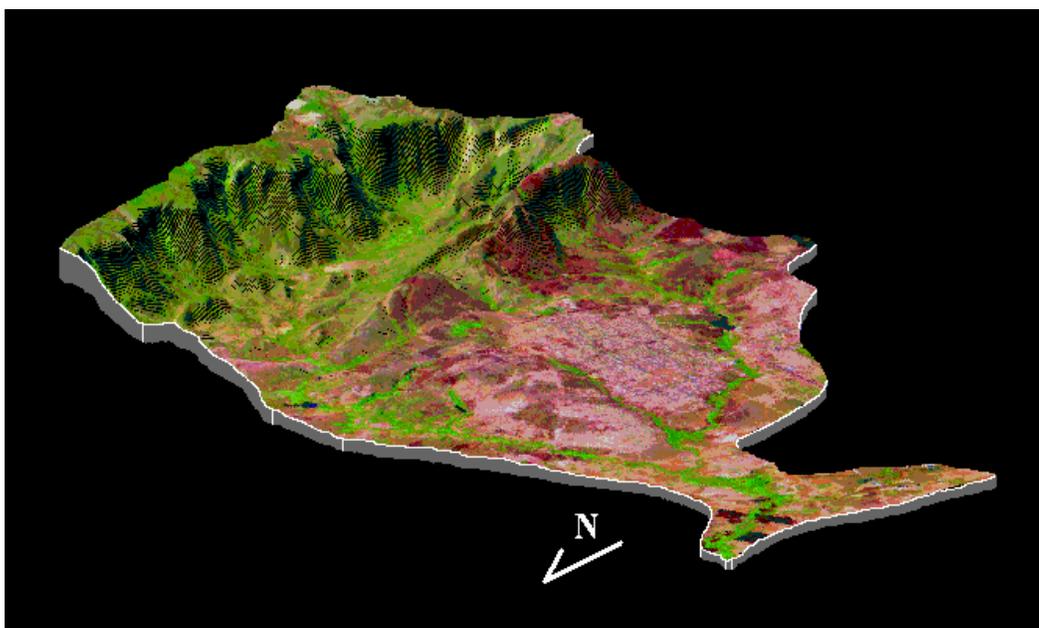


FIGURA 2 - Vista panorâmica da bacia hidrográfica do Ribeirão Água Fria utilizando-se imagem de satélite de 27 de julho de 1998, mostrando parte da área urbana de Palmas, parte da Serra do Lajeado, entre outros aspectos (sem escala).

#### *Procedimentos*

O MED da área de estudo foi gerado a partir das informações contidas no arquivo das curvas de nível da carta topográfica da região (D.S.G., 1979), na escala de 1:100.000. As informações foram digitalizadas em tela utilizando-se os recursos do software IDRISI 2.0. Para se obter um produto representando as condições mais próximas possíveis da realidade, houve necessidade da inclusão de informações complementares sobre a topografia local, as quais foram obtidas através de consulta ao Plano Diretor de Palmas, na escala de 1:20.000 (Grupo Quatro, 1991).

Após esta etapa efetuou-se a análise das curvas digitalizadas a fim de detectar possíveis erros de digitalização que pudessem influenciar na qualidade do MED. Procedeu-se então a geração do MED propriamente dita. Em seguida buscou-se eliminar alguns “ruídos” gerados no momento da interpolação das curvas, a fim de se obter um a imagem mais suavizada e mais próxima possível da realidade, através de procedimentos de filtragem do MED.

O mapa de classes hipsométricas da bacia (Figura 3) foi gerado através da reclassificação do MED, com as classes divididas conforme a legenda da FIGURA 3.

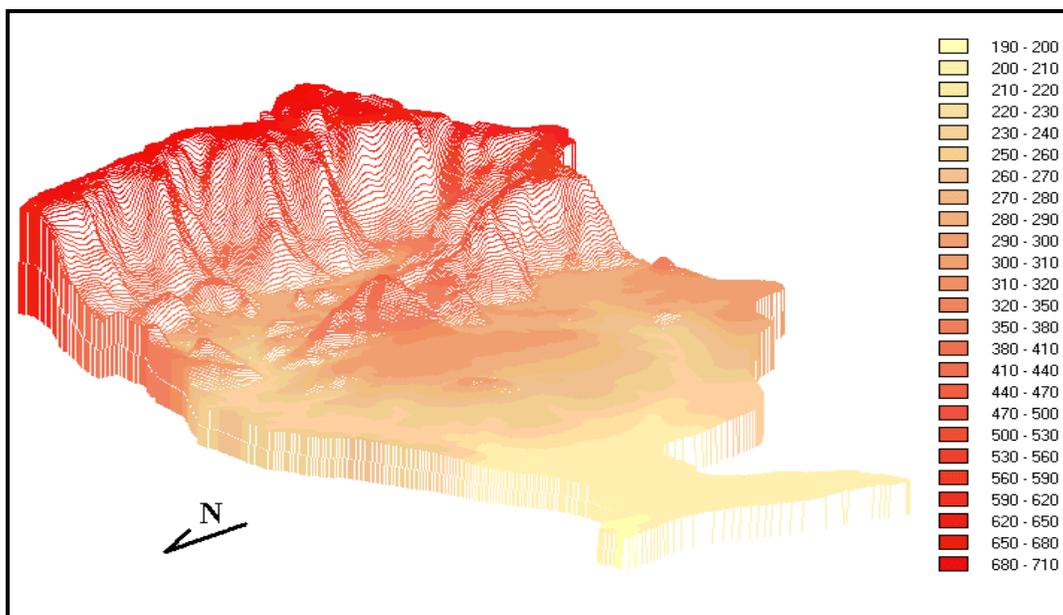


FIGURA 3 - Mapa da bacia, em perspectiva, mostrando as classes hipsométricas (em metros) da área (sem escala).

O mesmo procedimento foi feito para gerar o mapa de classes de relevo da bacia, com as classes de relevo divididas conforme exposta em Lemos & Santos (1996).

Para gerar o mapa de classes de valores do fator LS utilizou-se o software "USLE - 2D", elaborado por Desmet & Govers (1996), em versão para ambiente Windows e compatível com o software IDRISI 2.0. O aplicativo requisita o arquivo do MED da área de trabalho juntamente com um segundo arquivo o qual contém a área específica da bacia hidrográfica. Dentro do software utilizou-se as opções "Multiple Flow" para a rotina de algoritmos e o modelo algorítmico de "Wischmeier & Smith".

Após calcular o valor do fator LS para cada pixel da bacia e gerar o arquivo, retornou-se ao IDRISI e reclassificou-se a nova imagem para agrupar os valores em classes e gerar o mapa.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se, conforme a FIGURA 4 e a TABELA 1, a predominância da classe de relevo plano, ocupando 55,88% da área total da bacia. A ocorrência da classe montanhoso a escarpado foi em 1,39% da área total, na alta bacia.

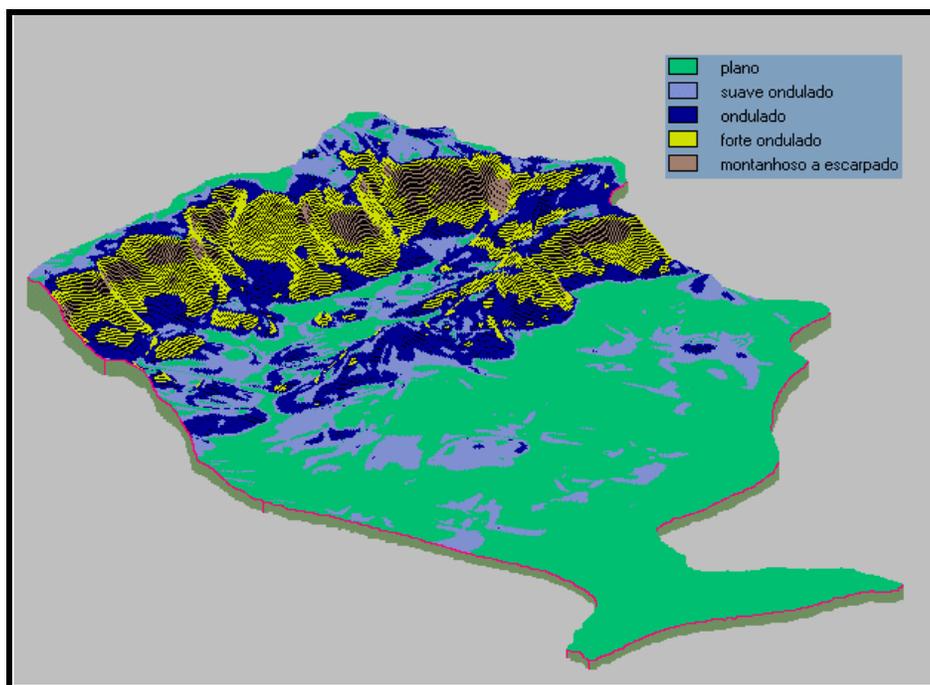


FIGURA 4 - Mapa de classes de relevo para a bacia do ribeirão água Fria (sem escala).

TABELA 1 – Porcentagem de cada classe de declividade ocorrente na área de estudo:

Area total	Classes de valores					
	Plano	Suave ondulado	Ondulado	Forte ondulado	Montanhoso a escarpado	
Intervalos (%)	< 3	3 - 8	8 - 20	20 – 45	45 – 75	> 75
<b>Area de ocorrência de cada classe de Declividade (hectares)</b>						
16.764,16	9.367,84	3.017,12	2.553,44	1.593,76	230,88	1,12
<b>% de ocorrência de cada classe</b>						
100,00	55,88	18,00	15,23	9,51	1,38	0,01

Conforme mostram a FIGURA 5 e a TABELA 2, verifica-se a predominância da classe de menores valores do fator LS, ocupando 65,25% da área total da bacia. A ocorrência dos maiores valores foi na região onde o relevo é mais íngreme, concentrando-se na parte alta da bacia.

O aparecimento da classe de maiores valores do fator LS ocorreu em locais de relevo forte ondulado a escarpado, evidenciando a importância da declividade dentro deste fator, embora esta classe tenha sido a que ocorreu em menor proporção, ocupando 1,27% da área total da bacia.

Na região de média e baixa bacia ocorreram algumas manchas da segunda (2 – 5), terceira (5 – 10) e quarta (10 – 20) menores classes de valores do fator LS, embora sendo numa proporção reduzida. Na parte baixa da bacia, onde predomina a classe de relevo plano, houve a ocorrência quase que exclusiva da classe de menores valores.

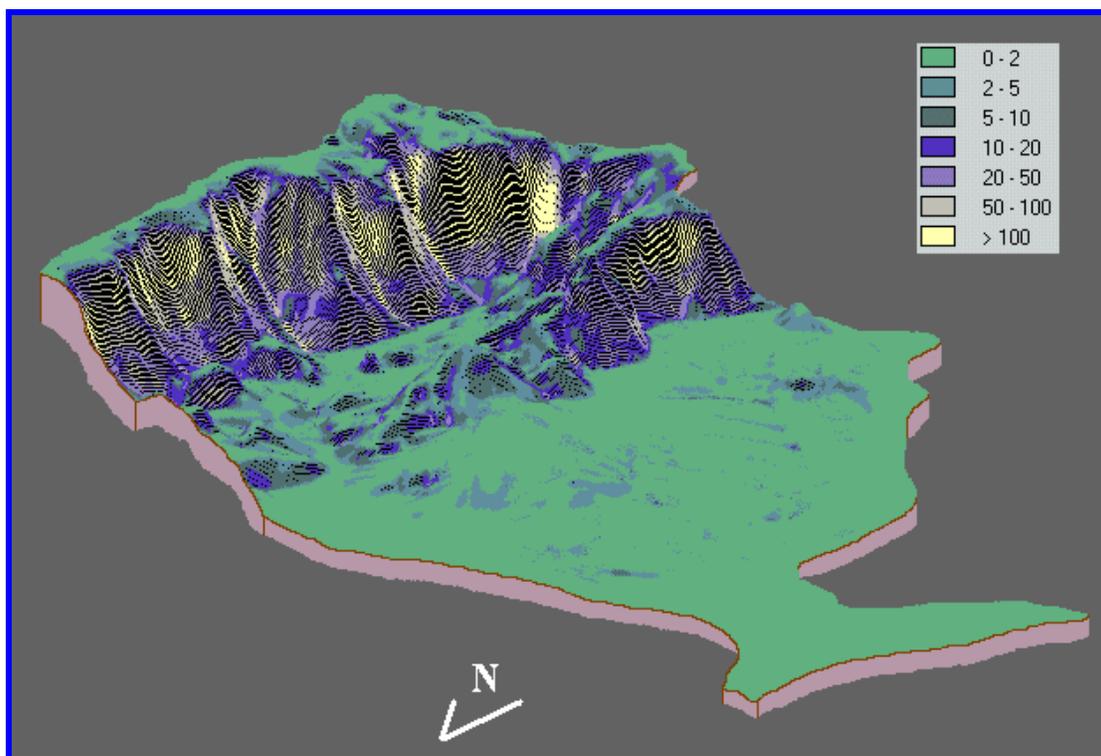


FIGURA 5 – Mapa do fator LS para a bacia hidrográfica do ribeirão Água Fria (sem escala).

TABELA 2 – Porcentagem de cada classe de valores do fator LS (adimensional) ocorrente na área de estudo:

Area total	Classes de valores						
	< 2	2-5	5-10	10-20	20-50	50-100	> 100
<b>Area de ocorrência de cada classe do fator LS (hectares)</b>							
16.764,16	10.939,20	1.744,00	1.188,48	945,92	1.130,24	603,04	213,28
<b>% de ocorrência de cada classe</b>							
100,00	65,25	10,40	7,09	5,64	6,74	3,60	1,27

Observa-se que o relevo da área de estudo possui movimentação topográfica fraca na maior parte da bacia e forte movimentação de forma concentrada, isto é, grande variação vertical em pouca variação horizontal. A análise descritiva do mapa de relevo revela que a região de maior movimentação topográfica é a alta bacia.

A seguir trata-se da discussão de alguns problemas encontrados na metodologia empregada. Os comentários poderão servir de base e de alerta para outros trabalhos a serem feitos não só na bacia hidrográfica do Ribeirão Água Fria mas em qualquer bacia cuja análise topográfica esteja sendo realizada pela primeira vez:

Na análise do fator topográfico (fatores LS da EUPS), realizada através de técnicas de geoprocessamento, uma das dificuldades encontradas foi a obtenção de resultados não satisfatórios do MED obtido com dados somente da carta topográfica. Isto se deve a dois motivos principais:

1) A escala da carta topográfica que serviu de fonte de informação (1:100.000), é considerada pequena ou exploratória, ocorrendo curvas de nível somente em intervalos de 40 metros. Isto provavelmente leva ao “mascaramento” de fatores possivelmente importantes do ponto de vista da aplicação de conhecimentos sobre a participação do parâmetro topografia na elucidação do fenômeno da erosão ocorrente na área de estudo.

2) A peculiaridade da topografia da bacia estudada: nas partes consideradas média e baixa bacia, predominam áreas de ocorrência de relevo pouco acidentado, fazendo que ocorra um grande distanciamento entre as curvas de nível na carta topográfica (documento que serviu de fonte de informações). Neste caso, o software IDRISI, sendo um sistema que trabalha com limitações internas próprias, realizou uma interpolação de tal forma que gerou um produto (MED) que distorceu a imagem em relação à realidade da topografia da área de estudo.

Devido a isto, optou-se por inserir uma massa complementar de dados de outras fontes, principalmente do mapa topográfico da área urbana de Palmas (escala: 1:20.000), para que, após efetuar-se a interpolação das curvas e filtrar a imagem, este pudesse gerar mapas com informações as mais próximas possíveis da realidade, principalmente o mapa de relevo.

Ainda sobre a metodologia, menciona-se que o software “USLE -2D” elaborado por Desmet & Govers (1996) apresentou bom desempenho e mostrou ser um instrumento muito prático e de rápida geração de resultados, uma vez que a elaboração de mapas de valores do fator L são extremamente custosos do ponto de vista de mão-de-obra e geralmente os produtos (mapas) não obtém satisfação plena por parte do técnico (Desmet & Govers, 1996; Tavares, 1986). A compatibilidade de trabalho com o software IDRISI também foi um aspecto que facilitou a operacionalidade. Uma vez que o software requer o MED da área de estudo para posterior aplicação nas rotinas de cálculo, consideram-se relevantes, também neste caso, os comentários já feitos sobre a importância da qualidade da informação importada ao software, no sentido de permitir a execução e elaboração de um produto final (mapa do fator LS) de boa qualidade.

Buscando uma base comparativa, cita-se que em M.M.A. (1997) os autores, em trabalho realizado na bacia do alto Paraguai lançaram mão do mesmo algoritmo utilizado no presente trabalho, com uso de metodologia e software diferentes mas empregando cartas topográficas também na escala 1:100.000. No método utilizado, os autores consideraram o regime hidrológico de uma vertente e consideraram, no MED, células quadradas com 1.500 m de lado, enquanto que para o presente trabalho as células também foram de forma quadrada, porém com 30m de lado.

As principais vantagens encontradas quanto ao uso do geoprocessamento no presente estudo foram: rapidez de execução e produção de resultados e ainda boa capacidade de trabalhar com informações teóricas, propiciando cenários simulados. Essas vantagens constam também na maioria das referências bibliográficas citadas neste trabalho que contenham abordagens sobre esta tecnologia. O uso conjugado da técnica de geoprocessamento com o modelo “Equação Universal de Perda de Solo”, fato também freqüentemente noticiado entre os pesquisadores, proporcionou informações importantes e claras sobre cada fator que influencia o processo erosivo bem como os fatores estudados simultaneamente.

## CONCLUSÕES

Baseado nesta experiência conclui-se e confirma-se que o geoprocessamento é uma ferramenta útil, uma vez que se tenha informações adequadas as quais possibilitem o bom desempenho do software, correndo o risco de obter resultados medíocres e até insatisfatórios caso as informações necessárias de entrada não forem adequadas, principalmente quanto ao aspecto da análise do relevo de uma região.

Recomenda-se o uso e análise do software "USLE-2D" para outras bacias hidrográficas, principalmente àquelas cujo relevo é bastante diferenciado em relação ao do presente trabalho, a fim de testar a viabilidade de uso amplo e generalizado do aplicativo "USLE-2D".

## AGRADECIMENTOS

Aos pesquisadores Kristof Vannost e Gerard Govers, do laboratório de Geomorfologia - Universidade Católica de Leuven- Bélgica, pela gentileza de terem enviado uma cópia do software "USLE-2D".

## SOBRE O TRABALHO E OS AUTORES

**Trabalho:** O artigo é parte da tese de doutoramento defendida pelo primeiro autor junto ao programa de pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental - Escola de Engenharia de São Carlos - USP, em dezembro de 1999.

**Alexandre Marco da Silva:** Ecólogo, mestre e doutor em Ciências da Engenharia Ambiental. Atualmente pesquisador (pós-doutorado) no Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada (C.R.H.E.A. - EESC - USP), São Carlos - SP. e-mail: marcosil@bol.com.br

**Harry Edmar Schulz:** Engenheiro Civil, Professor Associado junto ao Departamento de Hidráulica e Saneamento (EESC - USP), São Carlos - SP. Diretor do C.R.H.E.A. - EESC - USP. e-mail: heschulz@sc.usp.br

## BIBLIOGRAFIA

- DESMET, P.J.J. & G. GOVERS. A GIS-procedure for automatically calculating the USLE LS-factor on topographically complex landscape units. **Journal of Soil and Water Conservation**, 51 (5): 427-433. 1996.
- D.S.G. (Departamento de Serviços Geográficos - Ministério do Exército). **Carta Topográfica folha SC 22 - Z - B - III - "Vila Canela"**. Escala 1:100.000. 1979.
- GRUPO QUATRO, E. **Plano diretor de Palmas. Revisão e atualização**. Mapas na escala 1:20.000. Palmas, Tocantins. 1991.
- LEMOS, R. C. & SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3ª edição. Soc. Bras. de Ciência do Solo. 1996. 83 p.
- M.M.A. (Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal). **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai**. Vol. II - Tomo II-A. Brasília - DF. 1997. 394 p.
- SILVA, A. M. - **Aplicações de geoprocessamento no estudo das relações entre os processos erosivos e sedimentológicos de bacia hidrográfica**. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). EESC - USP - São Carlos - SP. 1999, 249 p.
- TAVARES, A. C. - 1986 - **A erosão dos solos no contexto da análise ambiental - O exemplo do alto curso do Rio São José dos Dourados**. Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras, Ciências e História da Universidade de São Paulo (F.F.L.C.H. - USP-SP), 254 p.
- WISCHMEIER, W. H. & SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, U. S. Department of agriculture. 1978. 58 p.