



ISSN:1984-2295

# Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: [www.ufpe.br/rbgfe](http://www.ufpe.br/rbgfe)

## Uso de Sistema de Informação Geográfica na Determinação do Fator Topográfico da Bacia do Rio Catorze, Sudoeste do PR

Juliane Mônica Ruthes<sup>1</sup>, Júlio Caetano Tomazoni<sup>2</sup>, Elisete Guimarães<sup>3</sup>, Tayoná Cristina Gomes<sup>4</sup><sup>1</sup>Acadêmica do Curso de Engenharia Ambiental, da UTFPR Campus Francisco Beltrão – [julianeruthes@yahoo.com.br](mailto:julianeruthes@yahoo.com.br);<sup>2</sup>Professor da UTFPR Campus Francisco Beltrão, do Curso de Engenharia Ambiental – [caetano@utfpr.edu.br](mailto:caetano@utfpr.edu.br);<sup>3</sup>Professora da UTFPR Campus Francisco Beltrão, do Curso de Engenharia Ambiental – [guimaraes@utfpr.edu.br](mailto:guimaraes@utfpr.edu.br);<sup>4</sup>Acadêmica do Curso de Engenharia Ambiental, da UTFPR Campus Francisco Beltrão – [tayonagomes@hotmail.com](mailto:tayonagomes@hotmail.com);<sup>1,2,3 e 4</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Campus Francisco Beltrão – Linha Santa Bárbara s/n, Caixa Postal 135, CEP 85601-970 – Francisco Beltrão – PR, Brasil. [www.utfpr.edu.br/franciscobeltrao](http://www.utfpr.edu.br/franciscobeltrao).

Artigo recebido em 18/05/2012 e aceito em 15/09/2012

### RESUMO

Este estudo foi desenvolvido para estimar o fator topográfico da bacia hidrográfica do rio Catorze, no município de Francisco Beltrão – PR através do uso de SIG. Para isso, utilizou-se o *software* Spring 5.1.8, onde se editaram os rios, formando a rede hidrográfica da bacia do rio Catorze. Editaram-se ainda, as curvas de nível, gerando uma grade retangular com os valores hipsométricos da Bacia, observando-se uma altimetria entre 540 e 962 m. Com isso, pode-se gerar uma matriz da declividade da Bacia, em porcentagem. Editaram-se os divisores de água, e tendo a hidrografia da Bacia como linha de quebra, gerou-se os comprimentos de rampa. Para a realização do fator topográfico utilizou-se a linguagem LEGAL do *software* Spring, associando a declividade da bacia do rio Catorze com os comprimentos de rampa, resultando no fator LS. Posteriormente, produziram-se as cartas de declividade, comprimento de rampa e fator topográfico com o auxílio do *software* Scarta 5.1.8. A declividade na Bacia apresenta-se ondulada a forte-ondulada e o comprimento de rampa se encontra entre 10 e 30 metros. Os valores encontrados para o fator LS, de maneira geral, são medianos, indicando baixa suscetibilidade à erosão devido à topografia da Bacia. Porém, nas nascentes da Bacia onde o relevo é mais íngreme, podem-se relacionar os altos valores do fator LS aos comprimentos de rampa e as declividades mais elevadas, mostrando a influência desses fatores na vulnerabilidade à erosão laminar.

Palavras-chave: Fator LS, declividade, comprimento de rampa

## Use of Geographic Information System to Determine the Topographic Factor of Catorze River Watershed, Southwest PR

### ABSTRACT

This study was designed to estimate the topographic factor of Catorze River Basin, in the municipality of Francisco Beltran - PR through of GIS. For this, we used the software Spring 5.1.8, which edited the rivers, forming the hydrographic network of Catorze River Basin. It was also edited, the contour lines, creating a rectangular grid with the values of the basin hypsometric, observing an altimetry between 540 and 962 m. Thus, one can generate an array of slope of the basin as a percentage. Edited to the dividers of water, and having hydrography basin as break line was generated ramp lengths. To perform the topographic factor used the language of the software LEGAL Spring, associating the slope of Catorze River Basin with the length of the ramp, resulting in the LS factor. Later, they produced the letters slope, slope length and topographic factor with the help of software Scarta 5.1.8. The slope in the basin has to be strongly wavy corrugated and the length of ramp is between 10 and 30 meters. The values found for the LS factor, in general, they are medians, indicating low susceptibility to erosion due to the topography of the basin. However, in the headwaters of the basin where the terrain is steeper, one can relate the high values of the LS factor for ramp lengths and the higher slopes, showing the influence of these factors in vulnerability to erosion laminar.

Keywords: LS factor, slope, slope length

\*E-mail para correspondência:  
[julianeruthes@yahoo.com.br](mailto:julianeruthes@yahoo.com.br) (Ruthes, J. M.).

## 1. Introdução

O modelo de ocupação e a forma de uso da terra têm sido um processo desordenado em todo o país, com a retirada da vegetação para a prática de cultivos, não levando em conta áreas sensíveis à degradação ambiental. A modernização da agricultura, utilizando técnicas inadequadas às condições tropicais e subtropicais, promovendo a retirada da vegetação nativa, torna os solos mais susceptíveis aos processos erosivos (Pinese Júnior et al., 2008).

A erosão hídrica é resultante da ação de diversos fenômenos que modificam as condições normais de uma bacia e que a artificialização não controlada do meio ambiente é o principal fator, que acelera esse processo, pois ao retirar a cobertura vegetal para introduzir lavouras, construir estradas, realizar obras de terraplanagens, obras fluviais, etc., contribui decisivamente para a maior desagregação de sólidos e, conseqüentemente, para o maior transporte.

Fundamentalmente, o processo de erosão hídrica do solo pela água da chuva é condicionado pelos fatores chuva, solo, topografia, cobertura e manejo e práticas conservacionistas de suporte (Cogo et al., 2003). As etapas do processo erosivo, com a evolução da ação do *splash*, a formação de poças, que causarão posteriormente a formação de microrravinas e ravinas, uma vez que a água começa a escoar na superfície em lençol, passando para fluxos lineares (Pinese Júnior et al., 2008). Ela se constitui na

principal causa do empobrecimento precoce das terras produtivas, visto que as enxurradas, provenientes das águas que não foram retidas ou infiltradas no solo, transportam partículas de solo em suspensão e nutrientes necessários às plantas. (Aragão et al., 2011).

A erosão pode se manifestar de diversas formas: a erosão laminar que se caracteriza por escoamento superficial da água e se distribui pelas encostas de forma dispersa, não se concentrando em canais; a erosão em ravinas, formada quando a velocidade do fluxo de água aumenta na encosta, tornando o fluxo turbulento e muitas vezes não tendo conexão com a rede de drenagem; a erosão em voçorocas, que pode ocorrer a partir da formação de túneis na subsuperfície com posterior colapso da superfície situada acima ou, a partir do alargamento e aprofundamento de uma ravina na medida em que esta evolui para um canal de água permanente (Guerra, 2005; Bertoni e Lombardi Neto, 2008).

Dentre os tipos de erosão, a laminar se destaca pela combinação da ação desagregadora do impacto das gotas de chuva, com a força de arrasto, causada pelo escoamento superficial. O processo é contínuo, razão pela qual a erosão não pode ser evidenciada por simples inspeção visual, mas é possível ser detectada pela coloração das águas dos corpos hídricos e pelo estado da cobertura do solo. Os processos erosivos ocorrem naturalmente, de forma lenta e gradual, mas são intensificados em virtude

das ações antrópicas, tais como desmatamentos, atividades agropecuárias e manejo inadequado do solo (Aragão et al., 2011).

A intensidade da erosão laminar está intimamente associada à erosividade das chuvas, a erodibilidade do solo, ao comprimento da rampa e grau do declive das vertentes, às características do solo e a seu uso e manejo. Os sedimentos removidos de uma bacia durante chuva intensa podem ficar depositados em um alvéolo fluvial e ali permanecerem até outra precipitação, quando serão transportados para jusante. Um dos impactos diretos da aceleração dos processos erosivos é o aumento da produção de sedimentos, que, ao atingirem corpos aquáticos, se provenientes principalmente de áreas agrícolas, podem ocasionar o assoreamento desses sistemas, além de atuarem diretamente no transporte de outros poluentes (Xavier et al., 2010).

Para quantificar a erosão laminar, pode se usar a EUPS - Equação Universal de Perdas de Solos. Esta equação começou a ser implantada no final da década de 50 pelo Serviço de Conservação dos Solos dos Estados Unidos. É um modelo empírico, baseado em grandes bases de dados de campos, que estimam a erosão distribuída e concentrada com base em valores a quatro grandes fatores intervenientes no processo erosivo: I) erosividade climática, II) erodibilidade dos solos, III) topografia, e IV) uso e manejo da terra (Ward e Elliot, 1995).

Segundo Lemos (2010) a inclinação do relevo e o perfil da vertente afetam diretamente o desprendimento de partículas e o transporte dos sedimentos. Logo, para a determinação da erosão é necessário levar em conta parâmetros topográficos, além do solo e sua variação geológica, o clima e as práticas de manejo do solo e sua cobertura.

A quantidade de material, o tamanho das partículas e a velocidade com que a água irá escorrer dependem da declividade do terreno. Além disso, “quanto maior o comprimento de rampa, mais enxurrada se acumula, e a maior energia resultante se traduz por uma erosão maior” (Bertoni e Lombardi Neto, 2008).

A inclinação do terreno é um fator relevante quando se analisa o problema da erosão, pois o incremento na velocidade da água superficial causado pelo aumento destas inclinações provoca um acréscimo considerável na perda de solo (Fácio, 1991).

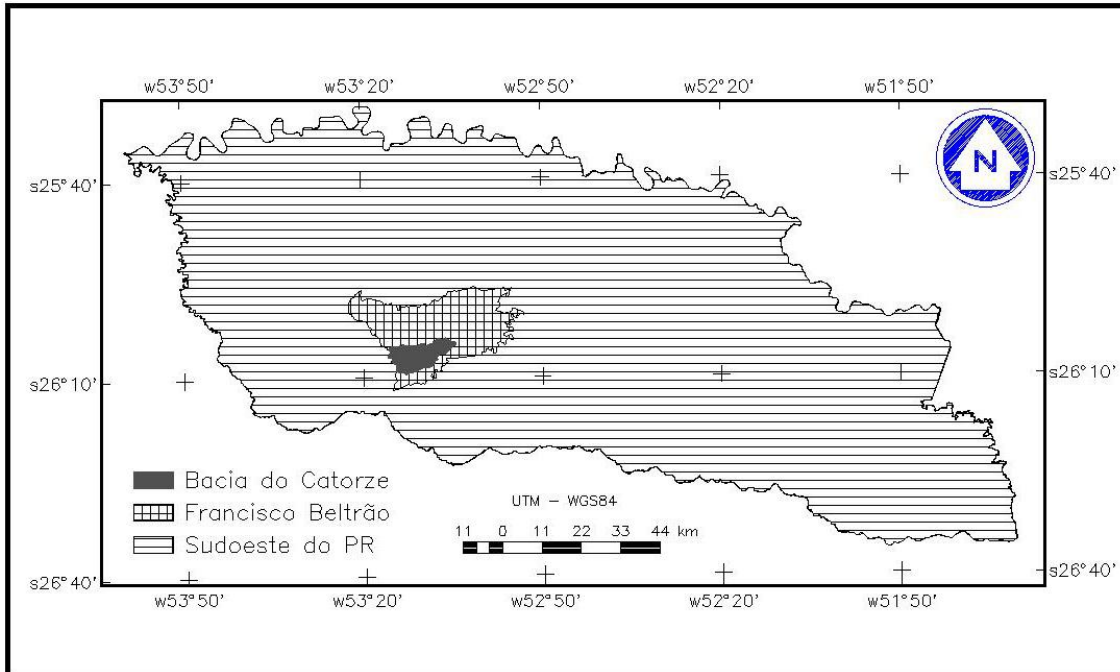
Neste trabalho pretendeu-se determinar o Fator LS da EUPS (Fator topográfico) através da sistematização do seu processo de cálculo, no SIG SPRING - Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas, com a finalidade de verificar o comportamento deste parâmetro na bacia do rio Catorze – Francisco Beltrão/Pr.

## 2. Material e Métodos

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do rio Catorze, localizada no município de Francisco Beltrão, no sudoeste

do Estado do Paraná, entre as coordenadas geográficas: a Oeste S26°06'44" e O 53°16'03"; a Leste S26°04'36" e O 53°04'38"; a Norte S26°03'56" e

O53°06'22"; a Sul S26°09'27" e O53°12'59", com área total de 10.713,71 ha e perímetro de 52,33 km (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa do sudoeste do Paraná com a localização do município de Francisco Beltrão e da bacia do rio Catorze.

O fator topográfico (LS) da EUPS é composto pelo comprimento da rampa (L) em metros, e pela declividade da encosta (S) em porcentagem, e são, inicialmente, definidos de maneira separada. Para Wischmeier e Smith (1978) o fator L é mencionado como sendo à distância do ponto de origem do caimento da água até um canal onde possa ocorrer deposição e o fator S se refere ao índice de inclinação do terreno.

A equação utilizada para a determinação do fator topográfico (LS) vem da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS), adaptada por Bertoni e Lombardi Neto (2008), é expressa por:

$$LS = 0,00984 * (L^{0,63}) * (S^{1,18})$$

Onde: LS= Fator topográfico (adimensional); L - Comprimento de rampa em m; S - declive em %.

Para a determinação do fator LS é comum o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), que possibilitam o armazenamento e a manipulação de dados. O *software* computacional Spring (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), "é um banco de dados geográficos que conduz dados vetoriais, matriciais e dados de Sensoriamento Remoto" (INPE, 2009), onde podem ser gerados os mapas de declividade S e comprimento da

rampa L.

Este *software* possui a Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL), que é constituído de sentenças, símbolos, distribuídos em linhas de comando e composto em três partes: declarações de variáveis associando às categorias já existentes; instanciações, recuperam-se dados ou cria novos planos de informações; e operações, onde realizam-se as operações de álgebra de mapas (INPE,2009). Através desse recurso é possível sistematizar e calcular o Fator LS.

Partindo das cartas MI 2861/1 e MI 2861/2 na escala de 1:50.000 (Ministério do Exército, 1982), registradas no *software* Spring 5.1.8, criou-se uma categoria temática Hidrografia e editaram-se os rios existentes na bacia do rio Catorze e fez-se a classificação dos mesmos como: 1ª Ordem, 2ª Ordem, 3ª Ordem, 4ª Ordem e 5ª Ordem, gerando assim, a rede hidrográfica da bacia.

Na categoria Hipsometria do modelo numérico de terreno (MNT) editaram-se, na forma vetorial, as curvas de nível da bacia com equidistância de 20 m. Com isso, gerou-se uma grade triangular (TIN) e através dela pode-se, em seguida, gerar uma grade retangular (GRD) composta por *pixels* distribuídos em linhas e colunas. Produziu-se ainda, uma imagem em nível de cinza da hipsometria.

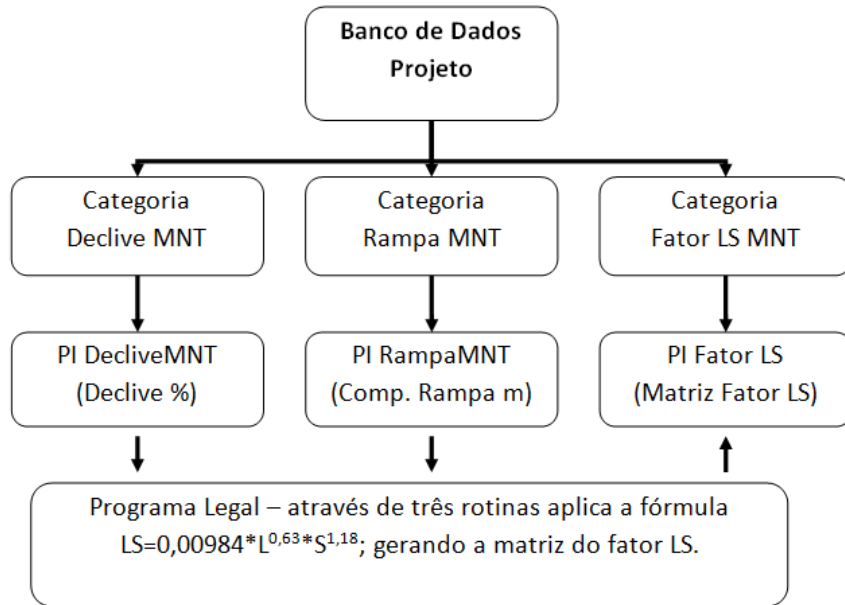
Com os dados da categoria MNT foi possível produzir o mapa temático da Altimetria, através do comando fatiamento,

com cinco classes: 540-600 m, 600-700 m, 700-800 m, 800-900 m e 900-962 m.

Posteriormente, criou-se uma categoria Declive do modelo numérico de terreno e utilizando-se do comando declividade, gerou-se uma grade e uma imagem de declividade em porcentagem. Em seguida, em uma categoria temática, produziu-se um mapa da declividade com as classes: 0-3%, 3-8%, 8-20%, 20-45%, 45-75% e > 75%.

Para o desenvolvimento do comprimento da rampa, foi necessária a edição dos divisores de água, com o valor de  $Z=0$ . Em seguida, importaram-se os rios para dentro da categoria Rampa do modelo numérico do terreno. Com o comando mosaico, adicionaram-se em um único plano de informação, os rios, atribuindo-se a eles a função de linha de quebra, e os divisores de água como linhas cotadas. Em seguida, utilizou-se a ferramenta mapa de distâncias e selecionaram-se as linhas dos divisores de água, descarregando-se na mesma categoria, em um plano de informação chamado Fator L, onde se gerou uma imagem e uma grade com os valores de comprimento da rampa.

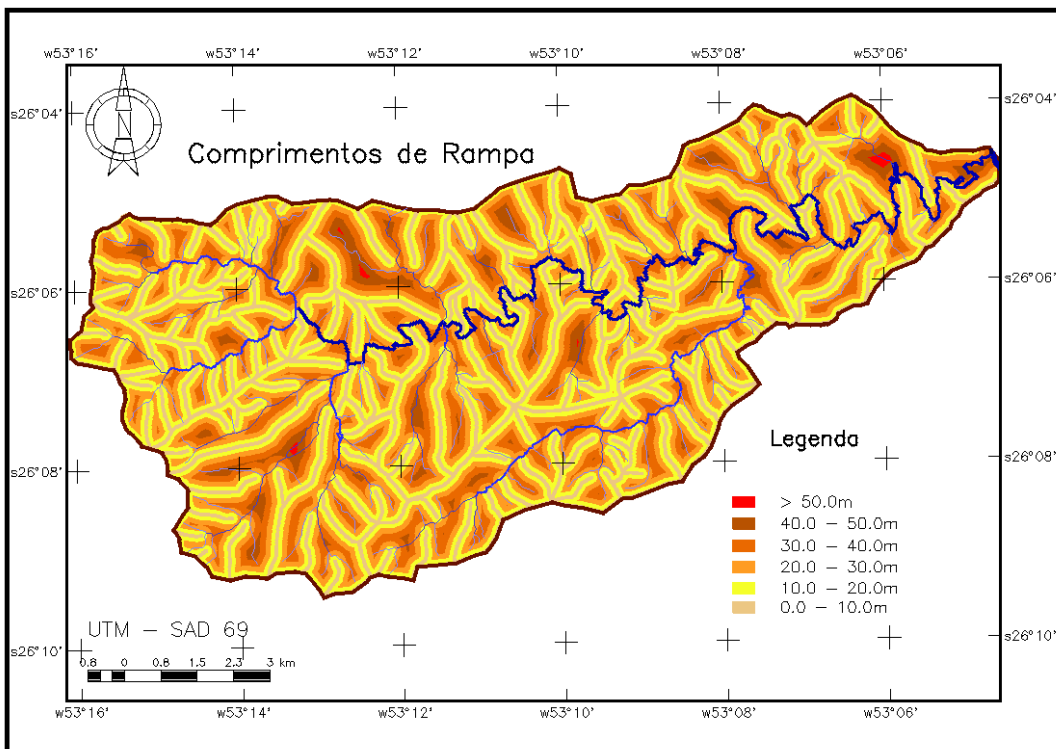
A realização final do fator topográfico (LS) desenvolveu-se em programa LEGAL, associando as categorias Declive e Rampa, e atribuindo dados à categoria Fator LS (Figura 2). A operação algébrica deu-se através da equação do fator topográfico (LS). Como resultado, obteve-se uma imagem e uma grade com os valores do fator LS.



**Figura 2.** Fluxograma com a estrutura do programa LEGAL, desenvolvido para calcular o Fator LS.

Posteriormente, realizou-se o fatiamento do plano de informação Fator LS da categoria MNT, utilizando-se como saída a categoria temática Fator LS e definindo-se as seguintes fatias: 0.0-1.2, 1.2-1.7, 1.7-3.3, 3.3-5.5, 5.5-7.5, 7.5-20 e > 20, obtendo-se o mapa

do fator topográfico. Recortou-se, ainda, o plano de informação com o limite da Bacia para a produção das cartas de declividade (Figura 3), comprimento de rampa (Figura 4) e do fator topográfico (Figura 5), com o auxílio do *software* Scarta 5.1.8.



**Figura 3.** Mapa de comprimento de rampa da bacia do rio Catorze.

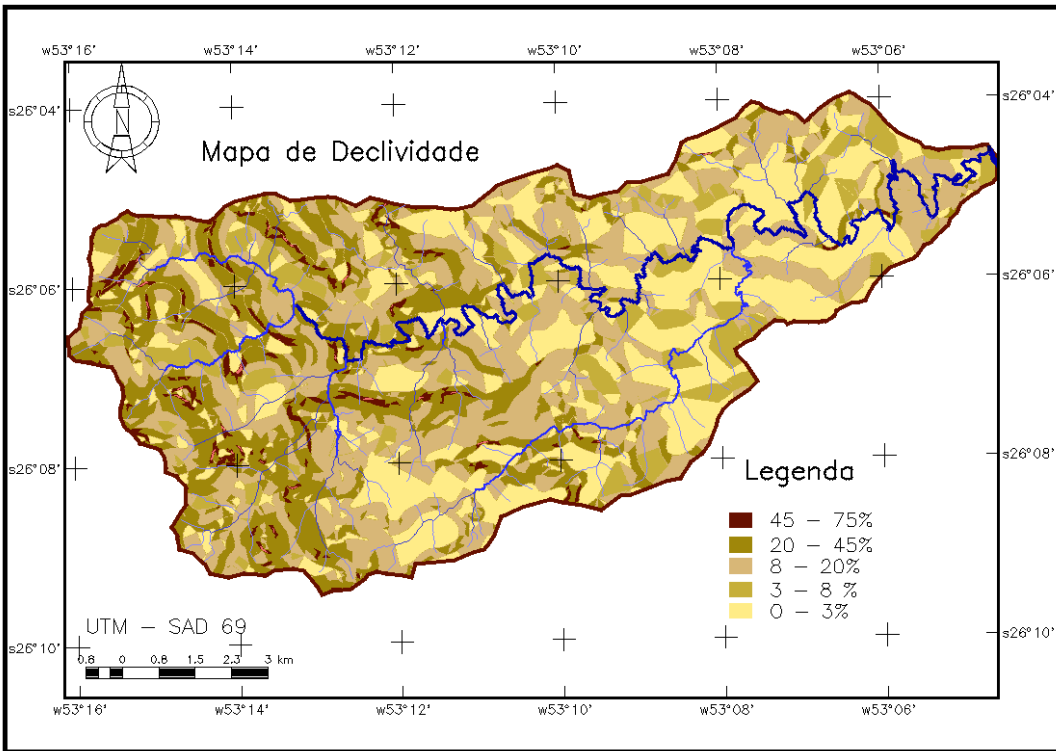


Figura 4. Mapa de declividade na bacia do rio Catorze.

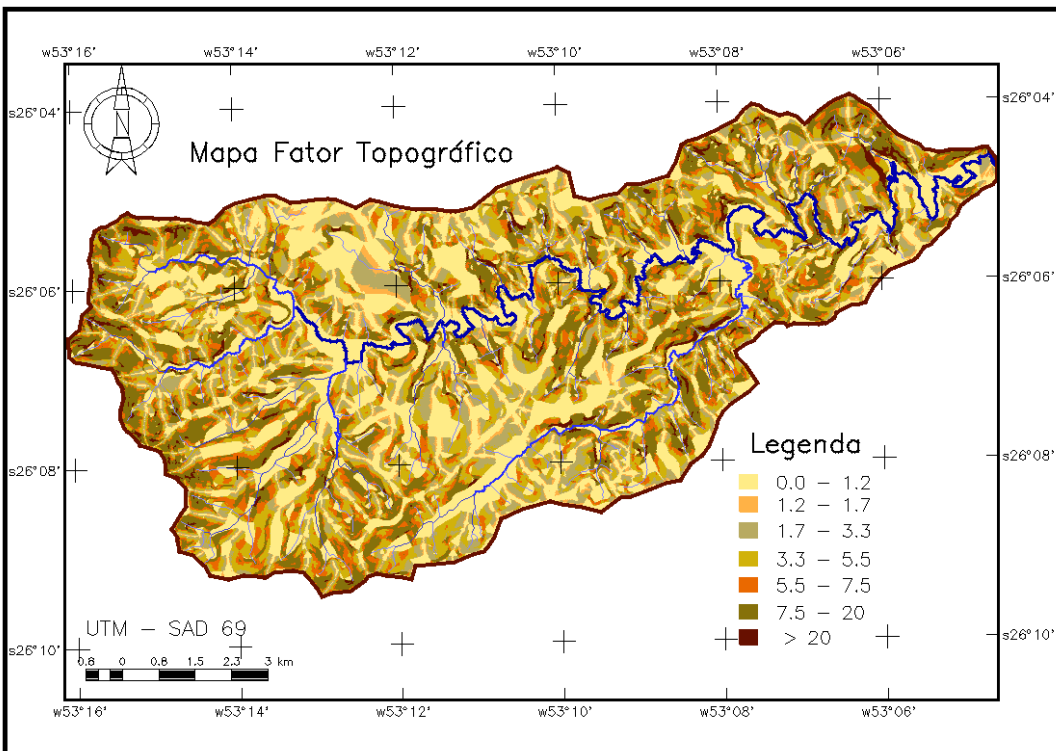


Figura 5. Mapa do fator topográfico na bacia do rio Catorze.

### 3. Resultados e Discussão

Em estudos realizados, Tomazoni (2003) e Lemos (2010) utilizam a linguagem LEGAL para a determinação do fator

topográfico, obtendo resultados satisfatórios com a utilização desse método. Ainda, Ferreira et al (2003) para o cálculo do fator topográfico utilizam a álgebra de mapas em

ambiente Spring.

Conforme demonstrado na Tabela 1 e Figura 3, o comprimento de rampa predominante na Bacia é de 10 a 30 m, que se

estende por 63% de toda a área. Em 16% da área, os comprimentos de rampa não passam dos 10 m, entretanto, em 17% a extensão é de 30 a 40 m.

**Tabela 1.** Áreas classificadas do comprimento de rampa da bacia do rio Catorze.

Comprimento da Rampa	Área em ha	% de área
0.0 - 10.0m	1716.68	16.0
10.0 - 20.0m	3242.20	30.3
20.0 - 30.0m	3574.92	33.4
30.0 - 40.0m	1839.30	17.2
40.0 - 50.0m	326.04	3.0
> 50.0m	14.57	0.1
Área total das classes	10713.71	100

A declividade da bacia do rio Catorze (Figura 4 e Tabela 2) apresenta um relevo plano em aproximadamente 29% de sua área. Porém, em sua maioria, o formato é ondulado a forte-ondulado, totalizando 36% da área da Bacia, além de uma inclinação forte-ondulada

a montanhosa em 22% da área. Observa-se, então, que a inclinação na Bacia é significativa e o escoamento superficial se dá de forma rápida, podendo exercer influência na ação erosiva.

**Tabela 2.** Áreas e classificação da declividade na bacia do rio Catorze.

Declive	Área em ha	% da área	Classificação
0 - 3%	3063.61	28.59	Plano
3 - 8%	1197.27	11.18	Plano a Suave-Ondulado
8 - 20%	3858.85	36.02	Ondulado a Forte-Ondulado
20 - 45%	2361.36	22.04	Forte-Ondulado a Montanhoso
45 - 75%	219.89	2.05	Montanhoso
> 75%	12.73	0.12	Montanhoso
Área total das classes	10713.71	100	

Na Figura 5 e Tabela 3 verifica-se que em 29% da área da Bacia o fator topográfico está entre moderado a alto. Entretanto, em 32% da área este fator se apresenta baixo. Além disso, a predominância, em 36% da área, é de um fator topográfico muito baixo.

De maneira geral, de acordo com os valores encontrados, há uma baixa

susceptibilidade à erosão na bacia do rio Catorze, devido a sua topografia. No entanto, pode-se notar uma relação entre os declives mais acentuados no alto curso da Bacia, situados na região Oeste da Figura 5, e os maiores valores do fator topográfico.

Não encontraram-se outros estudos que determinam valores do fator topográfico



na Bacia, no entanto estudos realizados por Tomazoni (2003) em cidades próximas à

região mostram valores do fator LS próximos aos encontrados para a bacia do rio Catorze.

**Tabela 3.** Áreas do fator topográfico (LS) na bacia do rio Catorze. Classificação definida por Bertoni e Lombardi Neto (2008).

Fator LS	Área em ha	% da Área	Classificação
0.0 - 1.2	3891.60	36.30	Muito baixo
1.2 - 1.7	409.23	3.80	Baixo
1.7 - 3.3	1358.57	12.70	Baixo
3.3 - 5.5	1694.51	15.80	Baixo
5.5 - 7.5	1116.37	10.40	Moderado
7.5 - 20	2020.58	18.90	Alto
> - 20	222.85	2.10	Muito alto
Área total das classes	10713.71	100	

#### 4. Conclusões

Os estudos computacionais, associados à checagem de campo confirmaram a fragilidade potencial do terreno gerada pelas vertentes e pelas cabeceiras de drenagem, as quais condicionam o escoamento superficial e aceleram os processos erosivos. Portanto, o fator LS interfere na dinâmica erosiva através do comprimento da vertente e da inclinação do relevo, os quais são fatores fundamentais para a compreensão do processo do escoamento hídrico superficial.

Os valores encontrados para o fator topográfico na bacia do rio Catorze apresentam-se baixos, possivelmente devido aos pequenos comprimentos de rampa predominantes na Bacia. No entanto, é indispensável levar em consideração as práticas de uso do solo, uma vez que terrenos sem nenhuma cobertura vegetal em encostas com comprimento e inclinação significativa, apresentam uma sensibilidade à erosão muito

mais elevada.

A determinação informatizada do fator topográfico (LS) a partir da metodologia utilizada, mostrou-se viável na escala estudada, podendo ser utilizada para caracterização topográfica de bacias hidrográficas utilizando base cartográfica na E:1:50000. A utilização da álgebra de mapas, disponível do *software* Spring, permitiu a associação dos fatores declividade e comprimento de rampa, responsáveis pelo fator LS, possibilitando a sua determinação.

#### 5. Agradecimentos

À UTFPR por oferecer condições e subsídios à realização do estudo juntamente com a Fundação Araucária pelo incentivo a projetos de pesquisa e desenvolvimento.

#### 6. Referências

Aragão, R., Almeida, J. A. P., Figueiredo, E. E. & Srinivasan, V. S. (2011). Mapeamento do Potencial de Erosão Laminar na Bacia do

Rio Japarutuba, SE, Via SIG. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.15, n.7, p.731-740.

Bertoni, J., & Lombardi Neto, F. (2008). Conservação Do Solo. São Paulo: Ícone.

Cogo, N. P., Levien, R., Schwarz, R. A. (2003). 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, p.743-753.

Fácio, J. A. (1991). Proposição De Uma Metodologia De Estudo Da Erodibilidade Dos Solos Do Distrito Federal. 1991, 122f. Dissertação (Mestrado em Geotécnica) - Universidade De Brasília. Brasília - Df.

Ferreira, E., Dantas, A. A. A., Oliveira, A. de, Andrade, H. de. (2003). Influência do Método de Cálculo do Fator Topográfico (LS) nas Distribuições das Classes de Solo e Uso da Terra em uma Microbacia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11, 2003, Belo Horizonte. Anais. Inpe. p.77-83.

Guerra, A. J. T., Silva, A. S. da, Botelho, R. G. M. (2005). Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

Inpe - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Spring Básico. (2009). Disponível em <[http://www.dpi.inpe.br/spring/download/springdb/tutor\\_10Aulas\\_51.exe](http://www.dpi.inpe.br/spring/download/springdb/tutor_10Aulas_51.exe)> acesso em: 27.02.2012.

Lemos, C. F. (2010). Evolução Da Erosão Na Bacia Hidrográfica Do Alto Curso Do Rio Pitangui - Pr. 2010. 226f. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba - Pr.

Ministério Do Exército Brasileiro - Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro; Carta Salgado Filho. Folha SG Y A II (MI - 2861/1), Escala 1:50.000, 1980.

Ministério Do Exército Brasileiro - Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro; Carta Francisco Beltrão. Folha SG Y A II (MI - 2861/2), Escala 1:50.000, 1982.

Pinese Júnior, J. F., Cruz, L. M. & Rodrigues, S. C. de. (2008). Monitoramento de Erosão Laminar em Diferentes Usos da Terra, Uberlândia – MG. Sociedade & Natureza. Uberlândia, v. 20, n. 2: 157-175, Dez.

Tomazoni, J. C. (2003). Morfodinâmica E Transporte Fluvial No Sudoeste Do Estado Do Paraná Por Método De Levantamento De Microbacias Hidrográficas Através De Geoprocessamento. 2003. 310f. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental) - Universidade Federal Do Paraná. Curitiba – Pr.

Ward, A. D., Elliot, W. J. (1995). Environmental Hydrology. New York: Lewis Publishers, 496p.

Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978).

Predicting Rainfall Erosion Losses - A Guide  
To Conservation Planning. Washington, 58p.

Xavier, F. V., Cunha, K. L., Silveira, A. &  
Salomão, F. X. de T. (2010). Análise da

Suscetibilidade à Erosão Laminar na Bacia do  
Rio Manso, Chapada dos Guimarães, Mt,  
Utilizando Sistemas de Informações  
Geográficas. Revista Brasileira de  
Geomorfologia. v. 11, n. 2, p.51-60.