



# Revista Brasileira de Geografia Física

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



## Propriedades do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Catorze que Intensificam a Erosão Laminar

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 09/05/2012 e aceito em 28/05/2012

### RESUMO

Este estudo foi desenvolvido tendo como objetivo estimar a suscetibilidade à erosão dos solos da bacia hidrográfica do rio Catorze, no município de Francisco Beltrão – PR. Coletaram-se amostras ao longo da Bacia, em horizonte superficial, e posteriormente, desenvolveu-se análise granulométrica. Partindo dos resultados da análise, utilizou-se da equação desenvolvida por Denardin (1990), que considera os teores óxido de alumínio, areia, matéria orgânica, e permeabilidade do solo, para estimar os valores do fator K (erodibilidade). Através do software Spring 5.1.8, classificaram-se os solos da Bacia, e utilizando programa LEGAL, atribuiu-se os valores de K para os solos classificados, resultando em uma grade retangular com os valores do fator erodibilidade de toda a Bacia. Produziram-se cartas de classificação do solo e do fator erodibilidade, com o auxílio do software Scarta 5.1.8. As equações para estimar os valores do fator erodibilidade, dependem das características físicas, químicas e biológicas dos solos e são desenvolvidas na tentativa de minimizar erros e se aproximar de um valor real do fator K. Os valores encontrados para o fator erodibilidade na bacia do rio Catorze, variam entre 0,0611 e 0,1238 t.ha<sup>-1</sup>.h.mm<sup>-1</sup>.ha.MJ<sup>-1</sup>, mostrando uma erodibilidade elevada, principalmente para os neossolos, que são solos menos desenvolvidos. Esses valores encontrados para o fator K mostram a necessidade de uma adequação no uso e nas práticas conservacionistas ao longo da Bacia, utilizando para isso, o mapa da erodibilidade desenvolvido através de geoprocessamento, onde é possível visualizar as áreas mais suscetíveis à erosão, podendo aplicar o controle e prevenção dos processos erosivos.

Palavras-chave: Erodibilidade, fator K, bacia hidrográfica

## Soil Properties of Catorze River Watershed that Enhance Erosion Laminar

### ABSTRACT

This study was developed aiming to estimate the susceptibility to soil erosion of Catorze River watershed, in the municipality of Francisco Beltrão - PR. Samples were collected throughout the basin in the surface horizon, and subsequently developed particle size analysis. Based on the results of the analysis, we used the equation developed by Denardin (1990), which considers the levels of aluminum oxide, sand and organic matter, and the permeability of the soil, and found values of the K factor (erodibility). Through the Spring software 5.1.8, the soils were classified Basin, and using LEGAL program was given the values of K for soils classified, resulting in a rectangular grid with the values of the erodibility factor of the entire basin. Was produced letters soil classification and erodibility of the factor with the aid of software Scarta 5.1.8. The equations for estimating erodibility factor values depend on the physical, chemical and biological properties of soils and are developed in order to minimize mistakes and get closer to an actual value of the factor K. The values found for the factor in erodibility Catorze River watershed range between 0.0611 and 0.1238 t ha<sup>-1</sup>.h.mm<sup>-1</sup>.ha.MJ<sup>-1</sup>, showing a high erodibility, especially for neossolos, soils that are less developed. These values for the K-factor shows the need for an adjustment in the use and conservation practices throughout the basin, using for this, the map of erodibility developed through GIS, where you can view the areas most susceptible to erosion and may apply control and prevention of erosion.

Key Words: Erodibility, K factor, watershed

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

## 1. Introdução

Os diversos tipos de solos apresentam propriedades exclusivas, como textura, estrutura e permeabilidade, e dependendo dessas características, o solo reage de diferentes maneiras à ação da água. A erodibilidade do solo se refere à capacidade que um determinado solo tem de erodir, ou seja, a vulnerabilidade do solo à erosão. Bertoni e Lombardi Neto (2008, p. 82) afirmam que “alguns solos erosionam mais que outros, mesmo que a chuva, a declividade, a cobertura vegetal e as práticas de manejo sejam as mesmas”.

Essa diferença ocorre devido às propriedades que “afetam a velocidade de infiltração da água no solo, a permeabilidade e a capacidade de absorção de água (...), resistência à dispersão, ao salpicamento, à abrasão e às forças de transporte de chuva e enxurrada”. (Bertoni e Lombardi Neto, 2008, p. 83)

Retzlaf (2008, p. 46) citando Bigarella; Mazuchowski, (1985) diz que “a erosão laminar é responsável pela progressiva e sucessiva remoção de películas do solo, atingindo principalmente as partículas mais finas”. Angulo (1983) citando Peele (1937) descreve que a diminuição dos agregados do solo ocasiona um aumento no escoamento superficial e conseqüentemente, crescente suscetibilidade a erosão.

Santos (1997) referenciando Vilar e Prandi (1993) diz que os solos mais erodíveis são os que contêm partículas de silte e areia

fina, com baixo número de argila. Afirma ainda, que a presença de argila e matéria orgânica colabora na formação de grumos, aumentando a resistência à erosão.

Angulo (1983) citando Wischmeier e Mannering (1969) diz que há uma tendência no aumento da erodibilidade à medida que os teores de silte e areia fina aumentam, e ainda, com o acréscimo de argila e matéria orgânica a erodibilidade tende a diminuir.

Figueiredo (2007, p. 27) descreve que “os solos que apresentam percentuais elevados de argila possuem uma boa coesão e uma apreciável estabilidade estrutural”. Devido às características como plasticidade e coesão, maiores em argilas do tipo montmorilonita e menores na illita e caulinita. Fácio (1991) afirma uma maior resistência à erosão em argilas com predominância destes atributos.

Vários modelos visando estimar a erodibilidade foram desenvolvidos por diversos autores na tentativa de minimizar erros e se aproximar de valores reais da erodibilidade. No entanto, ainda há receio na utilização de certas equações, uma vez que, foram desenvolvidas para o cálculo da erodibilidade de solos com características particulares.

Angulo (1983) mencionando os trabalhos de Freire e Pessoti (1976) e Henklan (1980) onde observaram que a equação proposta por Wischmeier et al (1971), por exemplo, não é aplicável em solos com baixo teor de silte mais areia fina.

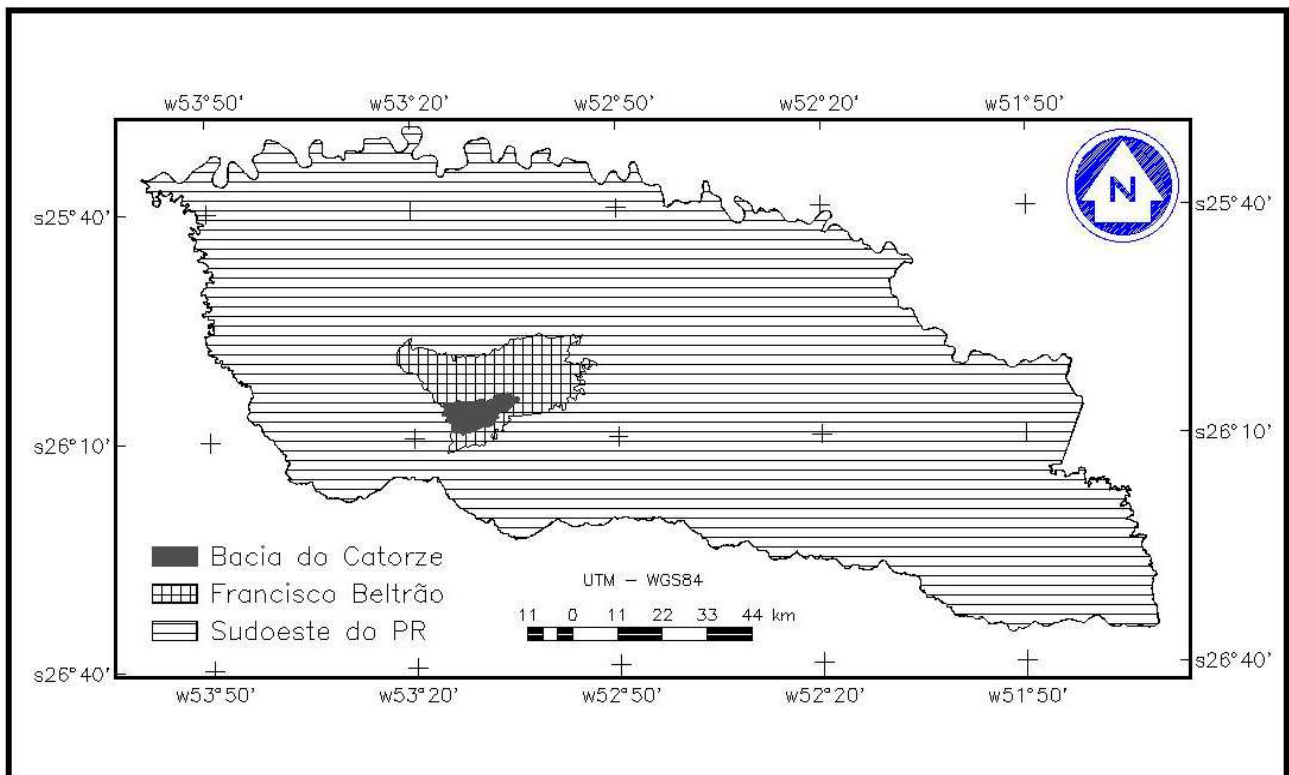
Retzlaf (2008) afirma que o processo erosivo não ocorre de modo constante em todos os solos, pois os atributos físicos, químicos e biológicos interferem na erosão e são particulares de cada solo.

A bacia hidrográfica do rio Catorze é composta, basicamente, de área rural, apresentando em sua grande maioria lavouras e pastagens. O estudo objetivou estimar a suscetibilidade à erosão devido às características dos solos nesta Bacia, uma vez que o processo erosivo compromete a qualidade dos solos da região, utilizados para a agricultura, e os corpos hídricos presentes

na Bacia.

## 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  $S26^{\circ}06'44''$  e  $O53^{\circ}16'03''$ ; a Leste  $S26^{\circ}04'36''$  e  $O53^{\circ}04'38''$ ; a Norte  $S26^{\circ}03'56''$  e  $O53^{\circ}06'22''$ ; a Sul  $S26^{\circ}09'27''$  e  $O53^{\circ}12'59''$ , com área total de 10.713,67 ha e perímetro de 52,33 km (Figura 1).



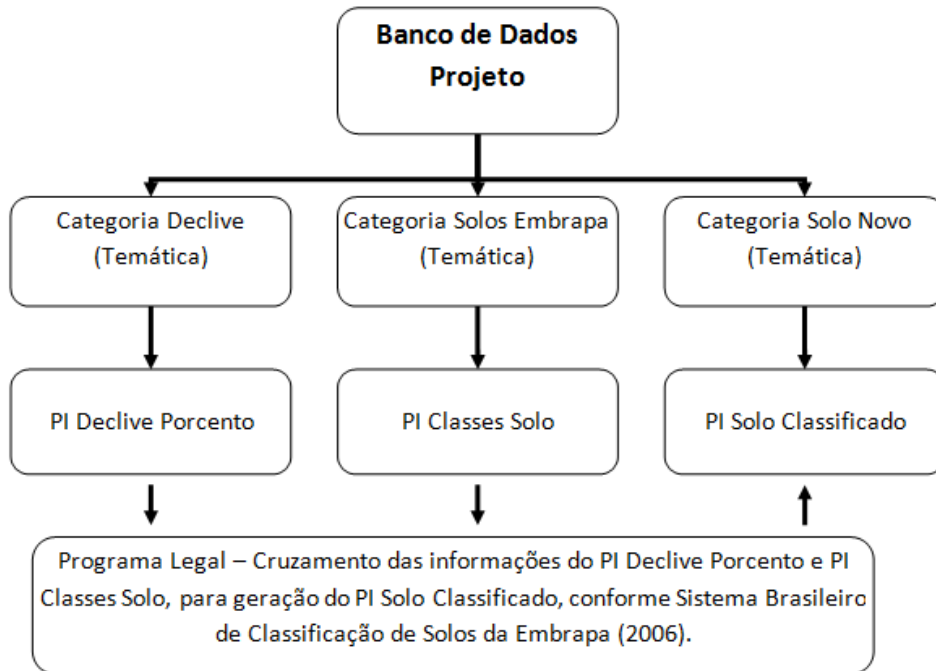
**Figura 1.** Mapa do sudoeste do Paraná com a localização do município de Francisco Beltrão e da bacia hidrográfica do rio Catorze.

Para o estudo, foram coletadas oito amostras ao longo da Bacia, em horizonte superficial do solo, 0,0 a 0,2 m de

profundidade, onde se fez análises físicas e químicas com o objetivo de estimar a erodibilidade nos solos da Bacia.

Para a análise granulométrica empregou-se o método da pipeta recomendada pela Embrapa (1997), obtendo-se os teores de silte, areia e argila. Para a quantificação da matéria orgânica usou-se a metodologia da digestão úmida. Utilizou-se ainda, do diagrama triangular simplificado, usado pela Embrapa, para a determinação da textura do solo, onde se observou que quatro, das oito amostras, apresentam textura muito argilosa e as outras quatro amostras, textura argilosa.

Partindo do mapa de solos do estado do Paraná, desenvolvido pela Embrapa (2008), registrou-se no software Spring 5.1.8, e digitalizaram-se os polígonos classificados. Em programa LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algebrico) Figura 2, associou-se as categorias Solos Embrapa e Declive Porcento, atribuindo classes de solo à declividade da Bacia, descarregando em uma categoria temática Solo Classificado, gerando então, uma matriz classificada.



**Figura 2.** Fluxograma com a estrutura do programa LEGAL, desenvolvido para caracterizar os solos da bacia do rio Catorze.

Para a obtenção do fator erodibilidade (fator K), empregou-se, no *software* Excel, a equação proposta por Denardin (1990), para solos do Brasil:

$$K = (0,0061 * P) + (0,0083 * MO) - (0,0012 * OAl) - (0,0004 * AR)$$

Onde:

K = expresso em  $t \cdot ha^{-1} \cdot h \cdot mm^{-1} \cdot ha \cdot MJ^{-1}$ ;

MO (%) = teor de matéria orgânica;

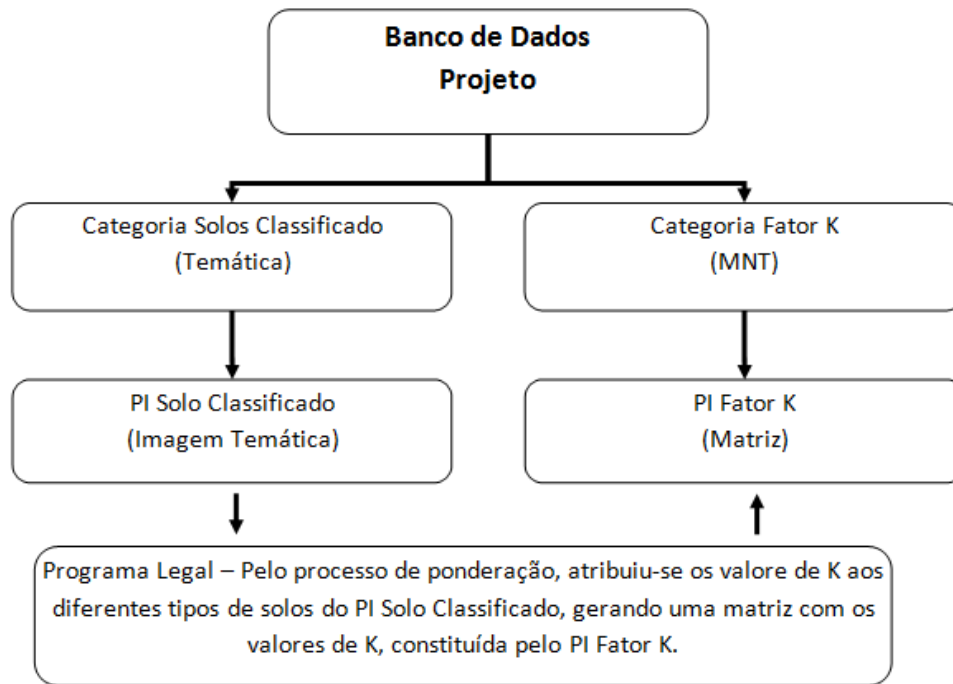
P = permeabilidade do solo em cm/h;

OAl (%) = teor de óxido de alumínio;

AR = teor de partículas de areia grossa (2 e 0,05mm)

Com os valores do fator K obtidos desenvolveu-se, no *software* Spring, o programa LEGAL Figura 3, onde se associou

as categorias Solo Classificado e Fator K, atribuiu-se os valores de K para as diferentes classificações de solo, e por fim conferiu-se dados a um novo plano de informação chamado Fator K.



**Figura 3.** Fluxograma com a estrutura do programa LEGAL, desenvolvido para atribuir os valores de K aos solos.

Como o resultado deste procedimento, obteve-se uma imagem e uma grade com os valores de K, logo se pode desenvolver o fatiamento, descarregando as informações em uma categoria temática Fator K, previamente classificada como: 0,0611 – 0,0696; 0,0696 – 0,0738; 0,0738 – 0,1238. Este fatiamento gerou uma matriz do fator erodibilidade, onde se recortou o plano de informação no limite da bacia e, posteriormente, em software Scarta 5.1.8, produziu-se a carta do fator erodibilidade e a carta do solo classificado.

### 3. Resultados e Discussão

Os solos da bacia hidrográfica do rio Catorze, por apresentarem textura argilosa ou muito argilosa, tendem a possuir uma agregação maior entre partículas, mesmo que o teor de silte apresente um valor significativo. Isso auxilia na maior resistência do solo à ação da água, uma vez que, o número de partículas soltas é menor, diminuindo a desagregação e o transporte de sedimentos.

No entanto, os valores encontrados

para a erodibilidade mostram-se elevados, possivelmente, devido à formação de crostas, provocando a selagem do solo e diminuindo assim a capacidade de infiltração e aumentando o escoamento superficial.

A bacia hidrográfica do rio Catorze é constituída de solos pouco e muito desenvolvidos e são classificados da seguinte maneira:

LVdf – latossolo vermelho distroférico: possui baixa saturação por bases, com teores óxido de ferro entre 18% a 36% e alta saturação de alumínio; LVef – latossolo vermelho eutroférico: capacidade de troca de cátions elevada, teores de  $Fe_2O_3$  de 18% a 36%; NVdf – nitossolo vermelho distroférico: capacidade de troca de cátions baixa e teores de  $Fe_2O_3$  de 15% a 36% em horizonte B; NVef – nitossolo vermelho eutroférico: saturação por bases alta e teores de óxido de ferro entre 15% a 36%; CXbd – cambissolo háplico distrófico: capacidade de saturação por bases baixa em horizonte B; RRe – neossolo regolítico eutrófico: pouco

desenvolvido, com saturação por bases alta; RRd – neossolo regolítico distrófico: capacidade de troca de cátions baixa e saturação por alumínio alta.

A abrangência dos solos na Bacia pode ser observada na Tabela 1 e Figura 4. Nota-se a predominância dos latossolos, em uma porcentagem de área de 47%, esses solos são bem evoluído com horizonte A, seguido de horizonte B, com uma superfície total de aproximadamente 400 centímetros. Em 27% da área da Bacia é notável a presença dos neossolos, pouco desenvolvidos, sem presença de horizonte B. Apresentando características semelhantes aos latossolos, encontram-se os nitossolos, com um alcance de 19% da área total.

Na Tabela 2 apresentam-se os valores de K encontrados para as amostras classificadas.

Segundo a escala citada por Carvalho (2008) os valores encontrados na bacia do rio Catorze apresentam erodibilidade elevada (Tabela 3).

**Tabela 1.** Distribuição dos solos na bacia do rio Catorze.

<b>Tipos de Solo</b>	<b>Área de Abrangência em há</b>	<b>% da área</b>
LVdf – latossolo vermelho distroférico	3162,47	29,50
LVef - latossolo vermelho eutroférico	1897,27	17,70
NVdf - nitossolo vermelho distroférico	961,90	9,00
NVef – nitossolo vermelho eutroférico	1123,83	10,50
CXbd – cambissolo háplico distrófico	640,33	6,00
RRe – neossolo regolítico eutrófico	1632,97	15,20
RRd – neossolo regolítico distrófico	1294,90	12,10
Área total das classes	10713,67	100

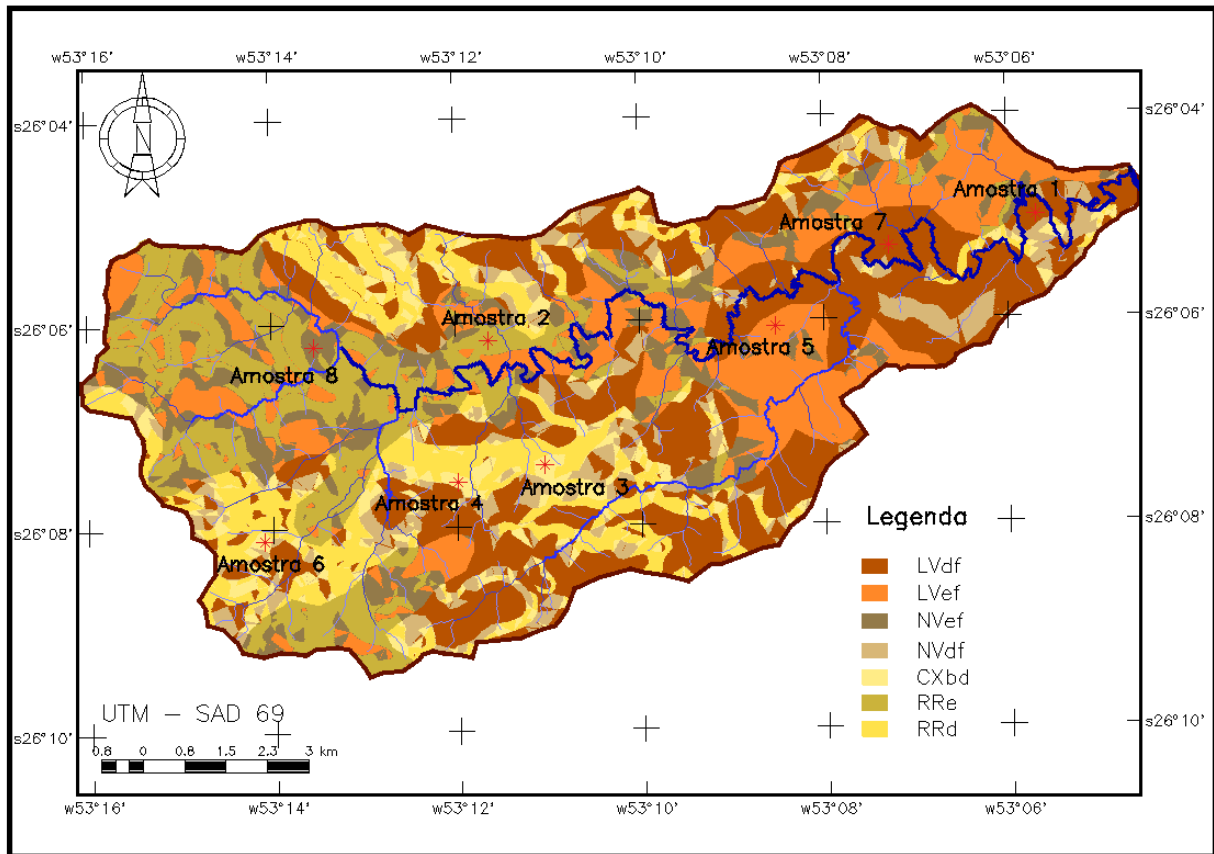


Figura 4. Classificação dos solos da bacia do rio Catorze

Tabela 2. Valores do fator erodibilidade, em  $t.ha^{-1}.h.mm^{-1}.ha.MJ^{-1}$ , e classificação das amostras.

Amostra	Solo	Permeabilidade (cm/h)	MO (%)	OAI (%)	Areia (0,5 a 2,0 mm) (%)	Fator K	Fator K médio
1	LVdf	6,40	4,83	44,99	0,64	0,0267	
5	LVef	6,40	4,29	0	0,18	0,0746	0,0611
7	LVdf	6,40	5,23	0	1,47	0,0819	
2	RRe	150	4,56	4,04	1,91	0,1238	0,1238
3	CXbd	9,50	3,49	4,38	7,79	0,0788	
4	CXbd	9,50	3,49	44,65	1,04	0,0346	0,0696
6	CXbd	9,50	4,96	2,68	1,36	0,0955	
8	NVef	6,40	4,29	0	2,25	0,0738	0,0738

Tabela 3. Classificação da erodibilidade, adaptado de Carvalho (2008)

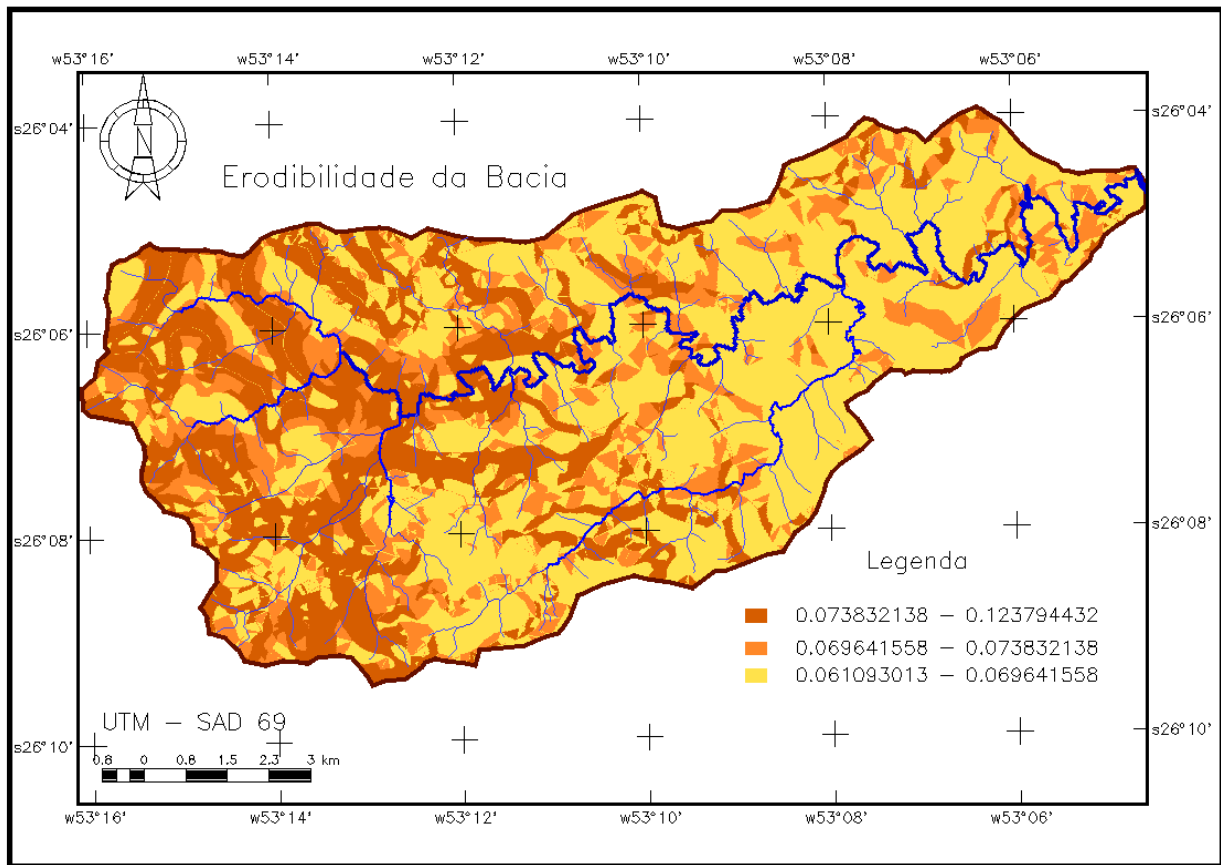
Valores de K ( $t.ha^{-1}.h.mm^{-1}.ha.MJ^{-1}$ )	Classificação
$K < 0,015$	Erodibilidade fraca
$0,015 < K < 0,030$	Erodibilidade média
$K > 0,030$	Erodibilidade elevada

Na Tabela 4 e Figura 5, pode-se notar a predominância de uma erodibilidade na faixa de 0,0611 a 0,0696 t.ha<sup>-1</sup>.h.mm<sup>-1</sup>.ha.MJ<sup>-1</sup>, em 53% da área total da bacia. É significativa também, a ocorrência de uma

erodibilidade entre 0,0738 a 0,1238 t.ha<sup>-1</sup>.h.mm<sup>-1</sup>.ha.MJ<sup>-1</sup>, numa porcentagem de área de 27%. Em uma área menor, de 19%, encontram-se valores de erodibilidade entre 0,0696 e 0,0738 t.ha<sup>-1</sup>.h.mm<sup>-1</sup>.ha.MJ<sup>-1</sup>.

**Tabela 4.** Áreas de abrangência do fator erodibilidade

Fator K	Área em há	% da área
0,0611 - 0,0696	5700,07	53,20
0,0696 - 0,0738	2085,73	19,50
0,0738 - 0,1238	2927,87	27,30
Área total das classes	10713,67	100



**Figura 5.** Mapa do fator erodibilidade, valores em t.ha<sup>-1</sup>.h.mm<sup>-1</sup>.ha.MJ<sup>-1</sup>

Na tabulação cruzada que consta na Tabela 5 se observam que os solos menos suscetíveis a erosão são os latossolos, pois são solos bem desenvolvidos, e os cambissolos,

que apresentam elevado teor de argila. Os nitossolos e os neossolos são os que apresentam maiores valores de erodibilidade.



**Tabela 5.** Tabulação cruzada de imagens temáticas de classes de solo e erodibilidade do solo. Áreas em ha.

Tipos de solo	Intervalos de Erodibilidade		
	0,0611 - 0,0696	0,0696 - 0,0738	0,0738 - 0,1274
Área em ha da erodibilidade do solo			
LVdf	3162,47	0,00	0,00
NVdf	0,00	961,90	0,00
CXbd	640,33	0,00	0,00
RRe	0,00	0,00	1632,97
Nvef	0,00	1123,83	0,00
RRd	0,00	0,00	1294,90
LVef	1897,27	0,00	0,00

#### 4. Conclusões

A avaliação do conjunto de características do solo deve ser considerada para o entendimento do processo erosivo. Porém, a multiplicidade dos fatores edáficos compromete a quantificação da erodibilidade dos solos.

As equações já desenvolvidas para medir os valores da erodibilidade apresentam algumas limitações devido à diversidade de características que os solos apresentam e tendem a estimar valores próximos aos reais.

A vulnerabilidade à erosão devido às propriedades dos solos na bacia do rio Catorze apresenta valores amenos, sendo necessário adotar práticas que visem controlar e diminuir o processo erosivo. Com o auxílio do mapa da erodibilidade é possível verificar, de maneira simples, a ocorrência dessa suscetibilidade nos diversos pontos da Bacia, facilitando o planejamento e controle da erosão nessa região, podendo-se adotar práticas que visem à conservação e o correto uso dos solos.

#### 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

- Angulo, R. J. (1983). Relações Entre A Erodibilidade E Algumas Propriedades De Solos Brasileiros. 1983. 169f. Dissertação (Mestrado em Conservação do Solo) - Universidade Federal Do Paraná, Curitiba - Pr.
- Bertoni, J., & Lombardi Neto, F. (2008). Conservação Do Solo. São Paulo: Ícone.
- Carvalho, N. O. (2008). Hidrossedimentologia prática. Rio de Janeiro: Interciência, 2 ed.
- Denardin, J. E. (1990). Erodibilidade De Solo Estimada Por Meio De Parâmetros Físicos E Químicos. 1990. 125f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior De Agricultura

Luiz De Queiroz, Universidade De São Paulo,  
Piracicaba - Sp.

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa  
Agropecuária e Instituto Agrônômico do  
Paraná – Iapar. (2008). Carta de Solos do  
Estado do Paraná. Folha MIR – 516, SG-22-  
Y-A, E Londrina: Embrapa e Iapar:  
1:250.000.

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa  
Agropecuária. (1997). Manual De Métodos  
De Análise De Solos. 2 Ed. Rio De Janeiro -  
Rj: Centro Nacional De Pesquisa De Solos.

Embrapa. (2009). Sistema Brasileiro De  
Classificação De Solos. 2 Ed. Rio De Janeiro  
- Rj: Centro Nacional De Pesquisa De Solos,  
2009.

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.

Figueiredo, M. A. (2010). Estudo Da  
Susceptibilidade À Erosão Da Microbacia De  
São Simão - Sp Através Da Equação  
Universal Da Perda De Solos Acoplada Ao  
Sistema De Geoprocessamento Spring. 2010.  
75f. Monografia (Graduação em Engenharia  
Ambiental) - União De Cursos Superiores  
Coc, Ribeirão Preto - Sp.

Retzlaf, J. G. (2008). Análise De Processos  
Erosivos Em Parques Estaduais Dos Campos  
Gerais - Pr. 2008. 113f. Dissertação  
(Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e  
Desenvolvimento) - Universidade Estadual  
De Londrina, Londrina - Pr.

Santos, R. M. (1997). Caracterização  
Geotécnica E Análise Do Processo Evolutivo  
Das Erosões No Município De Goiânia. 1997.  
135f. Dissertação (Mestrado em Geotécnica) -  
Universidade De Brasília, Brasília - Df.