

## Estimativa da Erodibilidade de Latossolos do Piauí

F. S. ARAÚJO<sup>1</sup>; A. A. C. SALVIANO<sup>2</sup>; M. R. H. NETO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Campinas, 13083-000, Campinas-SP, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal do Piauí, 64049-550, Teresina – PI, Brasil

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas, 96001-970 · Pelotas-RS, Brasil

fernandophb@oi.com.br

adeodatosalviano@hotmail.com

mrholandaneto@hotmail.com

(Recebido em 17 de fevereiro de 2011; aceito em 18 de outubro de 2011)

---

Por meio do conhecimento da erodibilidade do solo pode-se planejar o manejo racional deste, contribuindo para a mitigação das perdas de solo em face do processo erosivo. Esse estudo teve como objetivo estimar a erodibilidade dos Latossolos presentes em áreas do Estado do Piauí. Foram calculados os valores de Erodibilidade do solo, para o horizonte A, dos Latossolos do Estado do Piauí, pelo método indireto, por meio de quatro equações empíricas. Os valores de K obtidos, por meio das equações estudadas, podem ser agrupados em dois grupos, sendo um formado pelas equações 1 e 2, as quais apresentaram correlação significativa ( $p < 0,01$ ) de 0,82 e o outro com as equações 3 e 4 que se correlacionaram significativamente ( $p < 0,01$ ) em -0,43. A estimativa das equações 1 e 2, resultou em valores de K extremamente altos; os valores K obtidos com as equações 3 e 4 foram mais condizentes com os resultados encontrados na literatura para o grupo de Latossolos estudados.

Palavras-Chave: equação universal de perda de solo; erosão do solo e métodos indiretos.

Through the knowledge of soil erodibility can plan for the rational management of contributing to the alleviation of soil losses in the face of the erosion process. This study aimed to estimate the erodibility of Oxisols present in areas of the state of Piauí. We calculated the values of Erodibility of the soil to the horizon, the Oxisols of the State of Piauí, the indirect method, by means of four empirical equations. The values of K obtained by means of the equations studied can be grouped into two groups, one formed by the equations 1 and 2, which showed significant correlation ( $p < 0.01$ ) from 0.82 and the other with the equations 3 and 4 correlated significantly ( $p < 0.01$ ) at -0.43. The estimated equations 1 and 2, resulted in K values extremely high, the K values obtained from equations 3 and 4 were more consistent with those reported in the literature for the group of Oxisols studied.

Keywords: universal equation of soil loss, soil erosion and indirect methods.

---

### 1. INTRODUÇÃO

Em razão do uso intenso do solo e da expansão da produção agrícola é crescente a preocupação quanto às perdas de solo, no Estado do Piauí, que é uma das últimas fronteiras agrícolas do Brasil. A erosão acelerada, decorrente da ação antrópica, que consiste no processo de desprendimento e arraste das partículas do solo, pode ser considerada como a principal causa da degradação das terras agrícolas. Para a mitigação das perdas de solo, decorrentes da erosão, faz-se necessário o manejo racional do solo, para o qual é preciso o conhecimento dos fatores que determinam o processo erosivo, bem como, a magnitude e interação destes.

Dentre as metodologias disponíveis para avaliar a erosão hídrica do solo, os modelos de predição são fundamentais, pois uma vez comprovada a sua adequação e confiabilidade, são capazes de avaliar diferentes cenários de manejo do solo sem necessidade de testes de campo, os quais além de onerosos necessitam de longas series temporais de avaliação[1]. Diversos modelos matemáticos vêm sendo desenvolvidos e aperfeiçoados, desde a década de 50, com o intuito de prever a magnitude das perdas de solo por erosão, visando a implementar ferramentas que possibilitam avaliar as perdas de solo com propósitos de auxiliar no planejamento agrícola, principalmente em locais onde as perdas de solo são superiores aos limites toleráveis. Os modelos de predição de erosão do solo evoluíram de modelos empíricos, tais como a Universal

Soil Loss Equation (USLE) e a Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), para modelos baseados em princípios teóricos, como o Water Erosion Prediction Project (WEPP)[2].

A Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS), desenvolvida por Wischmeier & Smith [3] é um dos modelos de predição das perdas de solo, por erosão, mais conhecidos e utilizados no mundo[4], configurando-se como um importante instrumento na predição das perdas de solo e no planejamento do controle da erosão hídrica. sendo que, os principais fatores determinantes do processo erosivo empregados nessa equação são: erosividade da chuva (R); erodibilidade do solo (K); comprimento de rampa (L); declividade de rampa (S); cobertura vegetal (C) e práticas conservacionistas (P).

O erodibilidade do solo é um atributo intrínseco de cada solo e expressa a resistência do solo à erosão hídrica, sendo dependente, entre outros fatores, dos atributos mineralógicos, químicos, morfológicos e físicos deste. A erodibilidade representa o efeito dos processos que regulam a infiltração da água no solo, a desagregação pelo impacto da gota de chuva e a resistência ao transporte pelo fluxo superficial, os quais são responsáveis pelo comportamento do solo, em relação aos processos erosivos[5]. Entre os atributos do solo que, de forma integrada, afetam a erodibilidade, destacam-se a permeabilidade do solo à água, a capacidade de armazenamento de água, a textura (principalmente os teores de silte), a coesão, o grau e o tipo de estrutura, C orgânico, os teores de óxidos de Fe e de Al, e a tipo de mineral de argila[6].

A determinação direta do fator K é feita por meio da instalação de parcelas de perda de solo no campo, seja sob chuva natural ou simulada, as quais envolvem altos custos além de demandarem no mínimo 5 anos de coleta de dados[2]. Por esse motivo é comum o uso de modelos de estimativa da erodibilidade de maneira indireta, os quais são obtidos por meio de regressões múltiplas que contenham como variáveis independentes atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos do solo ou relações destes, correlacionados com o fator K obtido de forma direta [2;5;6;7].

Foram propostos, para as condições brasileiras, diversos métodos e adaptações destes para a determinação da erodibilidade do solo [2;8;9;10;11]. Esse estudo teve como objetivo estimar a erodibilidade dos Latossolos presentes em áreas do Estado do Piauí, por meio de diferentes métodos indiretos visando conhecer o comportamento destes.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram calculados os valores de Erodibilidade do solo (K), para Latossolos do Estado do Piauí, descritos por Jacomine [12](Tabela1).

*Tabela 1. Média de atributos mineralógicos e químicos do horizonte A de Latossolos do Piauí.*

Classes de Solo	Areia	Silte	Argila	MO	AL <sup>2</sup> O <sup>3</sup>
	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>
LAd	681	103	216	1.56	79.1
LVAd	658	82	260	2.15	122
LAdx	750	80	170	1.22	62
LVd	450	115	435	2.80	148.5
LV Ae	630	140	230	0.93	83
LAe	820	60	120	0.84	43

LAd-Latossolo Amarelo Distrófico típico; LAe-Latossolo Amarelo Eutrófico; LVAd-Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico; LV Ae-Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico; LVd-Latossolo Vermelho Distrófico típico; LAdx-Latossolo Amarelo Distrocioso

O fator erodibilidade do solo (K) foi calculado pelo método indireto, para o horizonte A, por meio do uso de quatro equações empíricas, as quais foram: Equação proposta por Lombardi Neto & Bertoni [9](Eq. 1); equação proposta por Lombardi Neto & Bertoni [9], modificada por Lima [11](Eq. 2); equação de Bouyoucos, descrita por Bertoni & Lombardi Neto [13](Eq. 4); equação proposta por Wischmeier [14], modificado por Lima [11](Eq. 4).

**Equação 1**

$$K = \frac{(\% \text{ argila dispersa em água}) / (\% \text{ argila total})}{(\% \text{ argila total}) / (\% \text{ umidade equivalente})}$$

**Equação 2**

$$K = \frac{(\% \text{ silte} + \text{ argila dispersos em água}) / (\% \text{ silte} + \text{ argila totais})}{(\% \text{ argila total}) / (\% \text{ umidade equivalente})}$$

**Equação 3**

$$K = \frac{(\% \text{ areia} + \% \text{ silte}) / (\% \text{ argila})}{100}$$

Em que: Fator K representou o fator erodibilidade do solo ( $\text{Mg ha h}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ ) e % areia, % silte e % argila representaram as porcentagens das respectivas frações granulométricas para o horizonte A.

**Equação 4**

$$K = 0,00608397 (P27) + 0,00834286 (P39) - 0,00116162 (P52) - 0,00037756 (P19)$$

Em que: Fator K representou o fator erodibilidade do solo ( $\text{Mg ha h}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ ); P27 é a permeabilidade do perfil do solo, codificada conforme Wischmeier [14]; P39 é o teor de matéria orgânica (teor de carbono orgânico total multiplicado por 1,72) expresso em porcentagem; P52 é o teor de óxido de alumínio extraível por ataque sulfúrico, expresso em porcentagem; P19 é o teor de partículas com diâmetro entre 2,0 e 0,5 mm, expresso em porcentagem. Os valores percentuais de areia, silte e argila e umidade equivalente, foram obtidos com base nos dados publicados por Jacomine [12].

Na tabela 2 estão relacionadas as classes de K utilizados para o presente estudo segundo a classificação descrita por Mannigel [15]

*Tabela 2. Classes de erodibilidade do solo*

Classificação	Classe definida
	$\text{Mg ha h}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$
Extremamente alto	>0,0600
Muito alto	0,0450 a 0,0600
Alto	0,0300 a 0,0450
Médio	0,0150 e 0,0300
Baixo	0,0090 a 0,0150
Muito baixo	<0,009

Adaptado de Mannigel [15]

**3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Os valores de K calculados pelas equações se encontram na Tabela 1. Os valores de K obtidos, por meio das equações estudadas, podem ser agrupados em dois grupos, sendo um formado pelos resultados das equações 1 e 2, as quais, apresentaram correlação significativa ( $p > 0,01$ ) de 0,82 e o outro com os resultados das equações 3 e 4 que correlacionaram-se significativamente ( $p > 0,01$ ) apresentando uma correlação de -0,43.

Tabela 1. Valores de erodibilidade de Latossolos Piauienses, estimados por meio de métodos indiretos (em  $t\ ha^{-1}\ h / ha\ MJ\ mm$ ).

Perfis	Classe de Solo	Fator Erodibilidade (K)			
		1*	2**	3***	4****
1	Latossolo Amarelo Distrófico típico	0,134	0,228	0,022	0,019
2	Latossolo Amarelo Distrófico típico	0,201	0,292	0,038	0,019
3	Latossolo Amarelo Distrófico típico	0,182	0,295	0,028	0,010
4	Latossolo Amarelo Distrófico câmbico	0,252	0,284	0,010	0,023
5	Latossolo Amarelo Distrófico típico	0,373	0,385	0,023	0,011
6	Latossolo Amarelo Distrófico argissólico	0,321	0,416	0,040	0,010
7	Latossolo Amarelo Distrófico típico	0,256	0,500	0,073	0,017
8	Latossolo Amarelo Distrófico típico	0,300	0,357	0,057	0,014
9	Latossolo Amarelo Distrófico câmbico	0,302	0,474	0,081	0,015
10	Latossolo Amarelo Distrófico típico	0,248	0,392	0,032	0,030
13	Latossolo Amarelo Distrófico argissólico	0,417	0,456	0,038	0,019
14	Latossolo Amarelo Coeso típico	0,197	0,267	0,049	0,011
15	Latossolo Amarelo Distrófico típico	0,300	0,362	0,040	0,025
17	Latossolo Amarelo Distrófico típico	0,131	0,146	0,101	0,003
19	Latossolo Amarelo Distrófico típico	0,347	0,393	0,061	-0,0003
20	Latossolo Amarelo Distrófico típico	0,228	0,321	0,046	0,009
21	Latossolo Amarelo Distrófico típico	0,484	0,508	0,101	0,007
22	Latossolo Amarelo Distrófico típico	0,147	0,185	0,007	0,022
23	Latossolo Amarelo Distrófico típico	0,271	0,339	0,073	0,023
24	Latossolo Amarelo Distrófico típico	0,208	0,260	0,090	0,002
25	Latossolo Amarelo Distrófico típico	0,226	0,387	0,101	0,025
26	Latossolo Amarelo Distrófico típico	0,364	0,399	0,011	0,024
27	Latossolo Amarelo Distrófico típico	0,208	0,260	0,073	0,005
28	Latossolo Amarelo Distrófico típico	0,322	0,345	0,090	0,007
29	Latossolo Amarelo Distrófico típico	0,217	0,334	0,073	0,016
30	Latossolo Amarelo Eutrófico	0,275	0,367	0,073	0,003
32	Latossolo Amarelo Distrófico típico	0,308	0,342	0,008	0,021
33	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico	0,228	0,130	0,157	0,013
34	Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico	0,393	0,458	0,033	0,010
35	Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico	0,145	0,244	0,019	0,023
36	Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico	0,071	0,163	0,040	0,008
37	Latossolo Vermelho Distrófico típico	0,244	0,285	0,009	0,019
38	Latossolo Vermelho Distrófico argissólico	0,222	0,303	0,020	0,023
39	Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico	0,103	0,167	0,028	0,006
40	Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico	0,208	0,249	0,013	0,026

\*Equação proposta por Lombardi Neto & Bertoni [8]; \*\*Equação proposta por Lombardi Neto & Bertoni [8], modificada por Lima [10]; \*\*\*Equação de Bouyoucos, descrita por Bertoni & Lombardi Neto [12]; \*\*\*\*Equação proposta por Wischmeier [13], modificado por Lima [10].

As equações 1 e 2 apresentaram valores de erodibilidade variando, respectivamente, entre 0,071 e 0,130 a 0,484 e 0,508  $t\ ha^{-1}\ h / ha\ MJ\ mm$ , com uma amplitude de 0,413  $t\ ha^{-1}\ h / ha\ MJ\ mm$  para a equação 1 e 0,378  $t\ ha^{-1}\ h / ha\ MJ\ mm$  para a equação 2.

A equação 1 apresentou valores de K classificados como extremamente altos ( $>0,0600\ t.ha.h/ha.MJ.mm$ ), sendo que as alterações propostas por Lima [11], equação 2, elevaram estes valores. Este resultado pode ser atribuído a utilização de água como dispersante na determinação das frações correspondentes ao silte mais areia muito fina, aumentando a estimativa destes, o que resultou na elevação do fator K obtido por esses métodos [3].

Mannigel [14], estudando um grupo de solos do Estado de São Paulo, obteve valores de erodibilidade para Latossolos semelhantes aos observados nesse estudo para a equação 3, em que o fator K variou de 0,157 a 0,007 t ha<sup>-1</sup> h / ha MJ mm, com uma amplitude de 0,150 t ha<sup>-1</sup> h / ha MJ mm. No entanto este método pode apresentar algumas restrições, visto que, para os perfis 17, 21 e 25 os valores de K foram extremamente altos (>0,0600 t.ha.h/ha.MJ.mm) discordando dos dados pesquisados por Bertoni e Lombardi Neto [13] e Denardin [10], nos quais estes valores ficaram entre 0,0149 e 0,0700 t.ha.h/ha.MJ.mm.

Em relação à equação 4, que apresentou valores de K extremos de 0,03 e 0,002 t.ha.h/ha.MJ.mm com uma amplitude de 0,03 t.ha.h/ha.MJ.mm, esta apresentou valores de K mais próximos aos referenciados na literatura, no entanto, para os solos que apresentavam textura arenosa e baixos teores de matéria orgânica, estes valores tenderam a ser subestimados em relação aos resultados encontrados na literatura [10, 13], o que resultou, inclusive, em valor de K negativo para o perfil 19 (Tabela 1), contrariando a natureza deste parâmetro. Estes resultados corroboram com os apresentados por Silva [6] estudando um Latossolo Vermelho Eutroférrico típico e Arraes [7] estudando um Latossolo Vermelho típico.

#### 4. CONCLUSÕES

Os valores de erodibilidade do solo estimados pelos modelos estudados podem ser agrupados em dois grupos distintos, com predomínio de valores extremamente altos nas equações 1 e 2 e valores baixos nas equações 3 e 4. Portanto, para o grupo de Latossolos estudados as equações 3 e 4 mostraram-se mais eficientes na predição da erodibilidade do solo.

- 
1. AKSOY, H.; KAVVAS, M. L. A review of hillslope and watershed scale erosion and sediment transport models. *Catena*, Amsterdam v.64, n.1, p.247-271, 2005.
  2. MARTINS, S.G.; AVANZI, J.C.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FONSECA, S. Erodibilidade do Solo nos Tabuleiros Costeiros. *Pesq. Agropec. Trop.*, Goiânia, v.41, n.3, p.322-327, 2011.
  3. WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains: guide selection of practices for soil and water conservation. Washington, DC.: USDA, 1965.
  4. PRUSKI, F. F. Conservação do solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 240p.
  5. AMORIM, R.S.S.; SILVA, D.D.; PRUSKI, F.F.; MATOS, A.T. Avaliação do desempenho dos modelos de predição da erosão hídrica USLE, RUSLE e WEPP para diferentes condições edafoclimáticas do Brasil. *Eng. Agríc.* vol.30, n.6, pp. 1046-1049, 2010.
  6. SILVA, A.M.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; AVANZI, C.J.; FERREIRA, M.F. Erosividade da chuva e erodibilidade de Cambissolo e Latossolo na região de Lavras, sul de Minas Gerais. *Rev. Bras. Ciênc. Solo.*, Viçosa, vol.33, n.6, pp.1811-1820, 2009.
  7. ARRAES, C.L.; BUENO, C.R.P.; PISSARRA, T.C.T. Estimativa da Erodibilidade do Solo para fins Conservacionistas na Microbacia Córrego do Tijuco, SP. *Biosci. J.*, Uberlândia, v.26, n.6, p.849-857, 2010.
  8. SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LIMA, J. M. DE; FERREIRA, M. M. Avaliação de métodos indiretos de determinação da erodibilidade de Latossolos brasileiros. *Pesq. Agropec. Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1207-1220, jun. 2000.
  9. LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. Erodibilidade de solos paulistas. Campinas: Instituto Agrônomo, 1975. 12p. (Boletim Técnico, 27).
  10. DENARDIN, J.E. Erodibilidade de solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos. Piracicaba : USP-Esalq, 1990. 81p. Tese de Doutorado.
  11. LIMA, J.M.; CURI, N.; RESENDE, M.; SANTANA, D.P. Dispersão do material de solo em água para avaliação indireta da erodibilidade em Latossolos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.14, n.1, p.85-90, jan./abr. 1990.
  12. JACOMINE, P. K. T (Coord.) Levantamento exploratório – reconhecimento de solo do Estado do Piauí. Rio de Janeiro: EMBRAPA – SNLCS/ SUDENE- DRN, 1986, 1v, 2v

13. BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo: Ícone, 1990.
14. WISCHMEIER, W.H. et al. A soil erodibility nomogram for farmland and construction sites. *J. Soil Water Conserv.*, Itimore, v.26, n.5, p.189-193, 1971.
15. MANNIGEL, A. R.; CARVALHO, M. de P.; MORETI, D.; MEDEIROS, L. da R. Fator Erodibilidade e Tolerância de Perda dos Solos do Estado de São Paulo. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1335-1340, 2002.