



**DETERMINAÇÃO DA ERODIBILIDADE DE UM VERTISSOLO POR
DIFERENTES METODOLOGIAS¹**

Jacques Carvalho Ribeiro Filho², Júlio César Neves dos Santos³, Helba Araújo de Queiroz
Palácio⁴, Eunice Maia de Andrade⁵, Marcos Makêison Moreira de Sousa⁶

RESUMO: A estimativa de perdas de solo é fundamental para o planejamento conservacionista. Com essa finalidade, destaca-se no Brasil o uso da Equação Universal de Perdas de Solo (USLE), para cuja utilização há escassez de dados obtidos de acordo com o método-padrão desse modelo. Entre os fatores que compõem a USLE, a erodibilidade do solo (fator K) é de difícil obtenção em razão da necessidade de conduzir experimentos em campo por longo tempo sob chuva natural. Com o objetivo de quantificar a erodibilidade do solo em um VERTISSOLO EBÂNICO Carbonático típico em Iguatu, CE, utilizando-se do método-padrão da USLE, e pelo método da razão entre os valores médios de perda de solo e de erosividade das chuvas, das chuvas naturais e as respectivas perdas de solo durante o período de 2011 a 2016. O valor de erodibilidade médio estimado pela USLE e pela razão entre os valores médios de perda de solo ($t\ ha^{-1}$) e de erosividade das chuvas foi respectivamente de 0,024 e 0,014 $t\ ha\ h\ ha^{-1}\ MJ^{-1}\ mm^{-1}$, estando as duas metodologias com os valores aceitáveis. PALAVRAS-CHAVE: fator k, perda de solo, susceptibilidade a erosão.

**DETERMINATION OF THE EROSIONABILITY OF A VERTISSOLO BY
DIFFERENT METHODOLOGIES**

ABSTRACT: The estimation of soil losses is fundamental for conservation planning. For this purpose, it stands out in Brazil the use of the Universal equation of soil losses (USLE), for whose use there is scarcity of data obtained according to the standard method of this model. Among the factors that make up the USLE, the erosion of the soil (factor K) is difficult to obtain because of the need to conduct experiments in the field for a long time under natural rain. With the objective of quantifying the erosion of the soil in a typical VERTISSOLO EBÂNICO Carbonático in Iguatu, CE, using the standard method of USLE, and by the method of the ratio between the average loss values of soil and erosividade of rainfall, natural rains and Their soil losses during the period 2011 to 2016. The average erosion value estimated by USLE and the ratio of the average soil loss ($t\ ha^{-1}$) and erosividade of rainfall was respectively 0.024 and 0.014 $t\ ha\ H\ ha^{-1}\ MJ^{-1}\ mm^{-1}$, the two methodologies with acceptable values.

KEYWORDS: K-Factor, soil loss, erosion susceptibility.

²Doutorando em Engenharia Agrícola, CCA/UFC, CEP 60020-181, Fortaleza – CE, Fone: (84) 999383768, E-mail, jacquesfilho1@hotmail.com

³Licenciada em Ciências Agrícolas, D.Sc., Profa do IFCE-Campus Iguatu.

⁴Eng. Agrô., Ph.D., Bolsista de produtividade científica do CNPq, Profa do CCA/UFC.

⁵Doutor em Engenharia Agrícola, D.Sc., Prof do IFTM, Uberlândia-MG.

⁶Mestrando em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, CCA/UFC.



INTRODUÇÃO

A intensificação da ação antrópica sobre os recursos naturais no semiárido brasileiro tem gerado a degradação do solo, principalmente no processo de aceleração da erosão. Para a redução de riscos a utilização de modelos matemáticos para a simulação de eventos hidrossedimentológicos permite otimização de tempo, simulação de eventos extremos e a formação de diversos cenários com os prováveis impactos das mudanças no uso do solo (Santos et al., 2014).

Entre os modelos de estimativa de produção de sedimentos o mais conhecido e largamente utilizado é a Equação Universal de Perda de Solo (USLE). Dos seus parâmetros um dos mais difíceis de estimar é o fator k. O fator k está ligado a erodibilidade solo, sendo definida como a medida da diferença na velocidade com que um solo é erodido (Wischmeier & Smith, 1978).

Apesar do desenvolvimento de métodos indiretos para quantificação da erodibilidade, há escassez ou acesso limitado aos dados da erodibilidade dos solos brasileiros. Diante do exposto, objetivou-se determinar o fator K baseado em duas metodologias distintas para um VERTISSOLO EBÂNICO Carbonático típico.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo foi conduzida em uma parcela experimental dentro de uma microbacia experimental localizada no Semiárido Cearense, na bacia hidrográfica do Alto Jaguaribe, no município de Iguatu, em área pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Campus Iguatu (Figura 1). O clima da região é do tipo BSw'h' (Semiárido quente), de acordo com a classificação climática de Köppen, com temperatura média sempre superior a 18 °C no mês mais frio, A precipitação média histórica no município de Iguatu entre os anos de 1912 e 2015 é de 867,1. O solo da microbacia foi classificado como VERTISSOLO EBÂNICO Carbonático típico de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos, 2013).

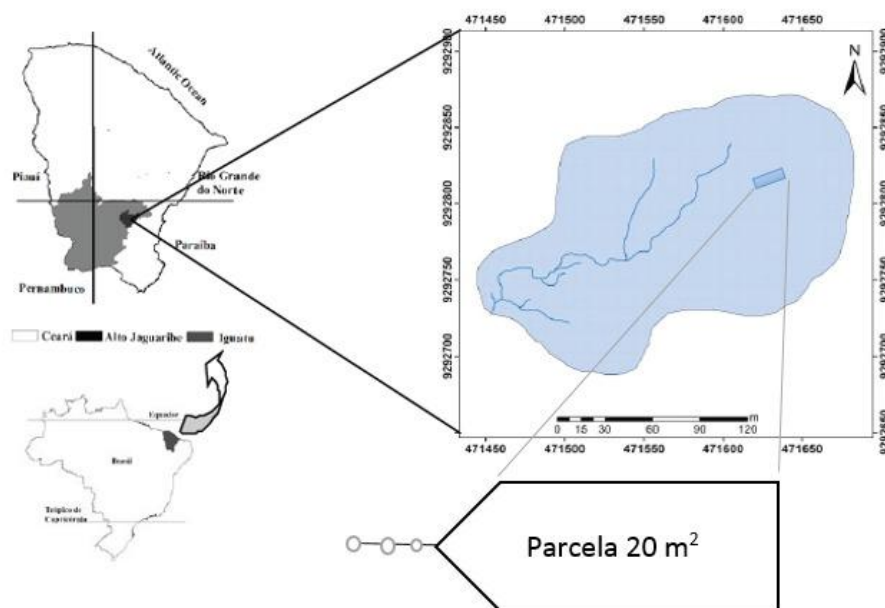


Figura 1. Localização da área de estudo no município de Iguatu, Ceará.

O estudo ocorreu durante o período de 2011 a 2017, sobre condições de chuva natural sendo conduzido em uma parcela de erosão de 20 m² (2 x 10 m) sob condições de chuvas naturais (Santos et al., 2014). A parcela foi delimitada por chapas galvanizadas das laterais e extremidade inferior, as quais foram conectadas a canos de PVC que conduziam a enxurrada até os pontos de coleta situada abaixo da parcela. As coletas para quantificação do volume escoado superficialmente e de amostras para determinação da perda de sedimentos foram realizadas a cada evento de chuva erosiva (que geraram escoamento superficial), no acumulado de 24 horas. Para quantificar a perda de solo foram realizadas coletas em garrafas de 1 litro a cada evento chuvoso. As coletas foram feitas em tanques com capacidade de 30, 100 e 200 L respectivamente. O primeiro tanque, o único onde é realizada a coleta, é composto por um sistema de sete janelas. Após o enchimento do primeiro tanque, 1/7 do escoamento superficial é canalizado para o segundo tanque, que uma vez cheio, o excedente é canalizado para um terceiro tanque. As análises das concentrações de sólidos totais foram realizadas posteriormente, seguindo a metodologia descrita por APHA (2005).

Os dados pluviométricos foram obtidos em uma estação automática, instalada na área de estudo, com aquisição de dados a cada 5 minutos. A estação foi equipada, também, com pluviômetro *Ville de Paris*, servindo como referência aos dados do pluviógrafo de báscula. Os dados no pluviômetro foram coletados durante o acumulado de 24 h. De posse dos dados de precipitação, foram calculadas as intensidades (I) de cada evento, em mm h⁻¹, além da máxima intensidade em trinta minutos, I₃₀ em mm h⁻¹. A energia cinética (EC) associada à



chuva, em $\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, foi obtida pela equação proposta por Wischmeier & Smith (1978) modificada por Foster et al. (1981):

Os dados de perda de solo foram também ajustados para a declividade de 0,09 m m⁻¹, por meio do fator grau do declive, conforme proposto por Wischmeier & Smith (1978), utilizando a equação:

$$LS = \left(\frac{L}{L_n}\right)^m * (65,41 * \text{sen}^2\theta + 4,56 * \text{sen}\theta + 0,065) \quad (1)$$

em que: LS – Fator Topográfico; L – Comprimento do declive; L_n – Comprimento padrão da parcela experimental padrão para ser usado com chuva natural no campo (22,1 m); M – Expoente que varia conforme o grau de declive (0,5); θ – ângulo do declive.

O fator erodibilidade do solo (fator K - $\text{Mg ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) foi determinado utilizando os dados de perda de solo resultantes dos eventos pluviométricos erosivos registrados durante o período de 2011 a 2017 (148 eventos) de chuvas naturais. O fator K foi calculado por meio da razão entre os valores médios de perda de solo (t ha^{-1}) e de erosividade das chuvas ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$), seguindo o procedimento de Wischmeier & Smith (1978). Aplicou-se ainda a Equação Universal de Perdas de Solos (USLE), isolando-se apenas o fator de erodibilidade, visto que o fator de uso e manejo do solo e cultura (C) e fator de práticas conservacionistas serem 1, uma vez que a parcela se encontra exposta e sem práticas conservacionistas.

A separação dos dados para a calibração e validação foi feita de maneira intercalada, sendo o primeiro evento selecionado para a calibração e o seguinte para a validação e assim sucessivamente. Para o cálculo do erro, foi utilizado o coeficiente de Nash & Sutcliffe (NSE) (1970), este coeficiente pode variar de $-\infty$ até 1, sendo 1 um ajuste perfeito. O desempenho de um modelo é considerado adequado e bom se o valor de NSE superar 0,75, e é considerado aceitável se o valor de NSE está no intervalo aberto 0,36-0,75.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fator erodibilidade do solo, obtido pela razão entre as perdas de solo e a erosividade das chuvas, variou expressivamente no período estudado, com média de $0,024 \text{ Mg ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ e DP de 0,104 (Tabela 1). Já para o método de isolamento do fator K, aplicando a Equação Universal de Perda de Solo, o valor médio obtido foi de 0,014 tendo um desvio padrão de 0,064. A variação nos valores K variando de acordo com a metodologia influenciam na interpretação dos dados já que de acordo com os limites de interpretação de erodibilidade dos solos proposto por Foster (1981), valores de K entre 0,01529 e 0,03058 t ha



$\text{MJ}^{-1} \text{mm}^{-1}$ possui média, abaixo desse valor de $0,01529 \text{ t ha MJ}^{-1} \text{mm}^{-1}$ o solo é considerado de erodibilidade baixa, gerando dupla interpretação dos valores de K dependendo da metodologia utilizada.

Tabela 1. Estatística descritiva para o fator K

Variáveis	K ($\text{t ha MJ}^{-1} \text{mm}^{-1}$) Método USLE	Método K ($\text{t ha MJ}^{-1} \text{mm}^{-1}$) PS/R
Nº de eventos	73	73
Mínimo	0,00000514	0,00000315
Máximo	0,76	0,46
Média	0,024	0,014
DP	0,104	0,064
CV	0,011	0,004

*DP – Desvio Padrão; CV – Coeficiente de variação; PS- Produção de sedimentos; R – Erosividade das chuvas

Em virtude das incertezas na determinação do fator K, aplicou-se o teste de Nash (NSE), para as duas metodologias aplicadas, o desempenho da USLE. Observou-se que os valores para as duas metodologias foram consideráveis aceitáveis ($0,36 \leq \text{NSE} \leq 0,75$), sendo que quando se adotou $K = 0,024 \text{ t ha MJ}^{-1} \text{mm}^{-1}$, $\text{NSE} = 0,63$ e para $K = 0,014 \text{ t ha MJ}^{-1} \text{mm}^{-1}$, $\text{NSE} = 0,41$. Santos et al. (2014), aplicando o índice NSE, também considerou aceitável o valor de perda de solo utilizando a MUSLE com valor de $K = 0,0579 \text{ t ha MJ}^{-1} \text{mm}^{-1}$, determinado pela metodologia do monograma.

Constata-se ainda que os valores de K obtidos nesse trabalho variam quando se comparam a outros Vertissolo em diferentes regiões e metodologias (Tabela 2), comprovando a dificuldade de determinação desse fator.

Tabela 2. Valores determinados de erodibilidade para Vertissolo em clima semiárido

AUTOR	K ($\text{t ha MJ}^{-1} \text{mm}^{-1}$)	MÉTODOS	Local
Esse Estudo	0,024	Método-padrão da USLE	Iguatu – CE
Esse Estudo	0,014	Relação Produção de sedimentos e Erosividade das chuvas	Iguatu -CE
Santos et al (2014)		Monograma	Iguatu - CE
	0,17		Umbuzeiro -PB
Lima (2003)	0,17		BR-104 – PB
	0,24	Método-padrão da USLE	São Domingos – PB
	0,26		Queimadas - PB

CONCLUSÕES

O valor de erodibilidade médio estimado pela USLE e pela razão entre os valores médios de perda de solo (t ha^{-1}) e de erosividade das chuvas foi respectivamente de $0,024$ e $0,014 \text{ t ha h MJ}^{-1} \text{mm}^{-1}$, estando as duas metodologias com os valores aceitáveis.



AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo apoio financeiro e bolsas concedida aos autores

REFERÊNCIAS

APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20 edição. Washington, DC: American Public Health Association, 2005, 1220p.

FOSTER, G. R. et al. Conservation of the Universal Soil Loss Equation the SI metric units. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 36, n. 6, p. 355-359, 1981.

NASH, J. E.; SUTCLIFFE, J. E. River flow forecasting through conceptual models: Part I. A discussion of principles. **Journal of Hydrology**., v. 10, n. 3, p. 282-290, 1970.

LIMA, E. R. V. de. Erosão do solo: fatores condicionantes e modelagem matemática. **Revista Cadernos do Logepa – Série Pesquisa** Ano 1, Número 1 - Jan/Jun de 2003.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília, DF: EMBRAPA SOLOS 2013. 353 p.

SANTOS, J. C.; ANDRADE, E. M.; MEDEIROS, P. H.; ARAUJO NETO, J. R.; PALACIO, H. A. Q; RODRIGUES, R. N. Determinação do fator de cobertura e dos coeficientes da MUSLE em microbacias no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 18, n. 11, 2014.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning**. Washington: USDA, 1978. Agriculture Handbook, p. 537