



## APLICAÇÃO DA EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLOS (USLE) EM ESTRADA VICINAL NO MUNICÍPIO DE AQUIRAZ-CE

Mayara da Silva Lima <sup>1</sup>; Teresa Raquel Lima Farias <sup>2</sup>; Waleska Martins Eloi <sup>3</sup>; Francisco das Chagas Soares <sup>4</sup>

**ABSTRACT**– Dirt roads, or unpaved roads, are those devoid of any primary coating and are usually made up of local soil. They are common in many developing countries like Brazil and are often the only way to transport agricultural production and displacement of rural populations. The secondary roads have great importance in the economic, social and environmental spheres. Loss of soil by erosion is one of the most serious environmental problems of our time and has caused the degradation of several natural resources, especially soil and water. The Universal Soil Loss Equation (USPS) was developed by Wischmeier and Smith in 1965 to estimate erosion in agricultural lots, however, it has been applied in the estimation of soil losses in watersheds and even in back roads. This work used the equation (USLE) for erosion estimation in the municipality of Aquiraz-CE and performed a comparison of the results obtained through this equation with the data obtained in a field survey carried out by topography. The field survey obtained a soil loss value of 18.32 Kg.m<sup>-2</sup> and by the USLE equation it was possible to obtain a soil loss value, for the same period, in the same order of magnitude, 16.70 Kg .m<sup>-2</sup>. It is also inferred that the soil loss value studied in subsequent years also shows no discrepancy in relation to the value obtained in the field. According to the results it can be concluded that the USLE equation can represent the erosion that occurs in the field, since the result obtained through the USLE equation is in the same order of magnitude of the erosion survey performed by topography.

**Palavras-Chave** – Erosão Hídrica, Perda de Solo, Estradas Vicinais.

<sup>1</sup>) IFCE, Av. Treze de Maio, 2081, Benfica. Fortaleza - CE. CEP: 60040-215, myas116@yahoo.com.br, (85) 3307-3764

<sup>2</sup>) IFCE, Av. Treze de Maio, 2081, Benfica. Fortaleza - CE. CEP: 60040-215, teresafarias@ifce.edu.br, (85) 3307-3764

<sup>3</sup>) IFCE, Av. Treze de Maio, 2081, Benfica. Fortaleza - CE. CEP: 60040-215, waleska@ifce.edu.br, (85) 3307-3764

<sup>4</sup>) IFCE, Av. Treze de Maio, 2081, Benfica. Fortaleza - CE. CEP: 60040-215, fchsoares@gmail.com, (85) 3307-3764



## 1 - INTRODUÇÃO

Segundo Mariotoni (1987), rodovias vicinais, também chamadas estradas rurais, agrovias ou ainda estradas municipais, podem ser definidas como as que funcionalmente se destinam a canalizar a produção para um sistema viário de nível superior, centros de armazenagem, consumo, industrialização, comercialização ou exportação e/ou assegurar acesso rodoviário a núcleos populacionais carentes.

As estradas vicinais têm grande importância nos âmbitos econômico, social e ambiental. Do ponto de vista econômico, são responsáveis pelo escoamento de produções agrícolas e agropecuárias, contribuindo para o crescimento do País. Essas vias são responsáveis pelo acesso das populações mais distantes, aos serviços básicos como educação, saúde e lazer, apesar das péssimas condições que essas vias geralmente apresentam. No aspecto ambiental, um dos problemas mais comuns em estradas vicinais, é a perda de solo devido ao processo erosivo existente nessas vias, causado pela falha ou ausência de sistema de drenagem, contribuindo para o assoreamento de cursos d'água (Gomes, 2011).

A perda de solo por erosão é um dos problemas ambientais mais sérios da atualidade e que tem causado a degradação de vários recursos naturais, principalmente, do solo e da água. O processo físico de erosão hídrica consiste em três etapas que são: desagregação, transporte e deposição dos sedimentos (Pruski, 2009).

A Equação Universal de Perdas do Solo - EUPS (*Universal Soil Loss Equation - USLE*) foi desenvolvida Wischmeier e Smith em 1965 para estimativa de erosão em lotes agrícolas, entretanto, tem sido aplicada na estimativa de perdas de solo em bacias hidrográficas e até mesmo em estradas vicinais. Como exemplo de aplicação desta equação para a estimativa de perda de solo em estrada vicinal, cita-se o trabalho desenvolvido por Castro *et. al.* (2009).

O presente trabalho trata da estimativa de perda de solo, por meio da Equação Universal de Perda de Solos em um trecho de uma estrada não pavimentada, situada na comunidade de Boa Vista, no Município de Aquiraz, Estado do Ceará. Faz também uma análise comparativa dessa estimativa com a estimativa de campo, realizada por levantamento topográfico em um estudo de Gomes (2011).

## 2 - LOCAL DE ESTUDO

A área de estudo é um trecho da estrada vicinal, situado na comunidade Boa Vista, no Município de Aquiraz, estado do Ceará. Distante trinta e cinco quilômetros de Fortaleza. A estrada possui uma extensão de três quilômetros. O trecho estudado possui uma extensão de 160 metros, com largura aproximada de 5 metros, cujas coordenadas geográficas do início e fim do trecho, são

respectivamente  $-3^{\circ}59'04.474''$  de latitude sul e  $-38^{\circ}29'42,61''$  de longitude oeste e  $-3^{\circ}59'01.64''$  de latitude sul e  $-38^{\circ}29'46.57''$  de longitude oeste (Figura 1).

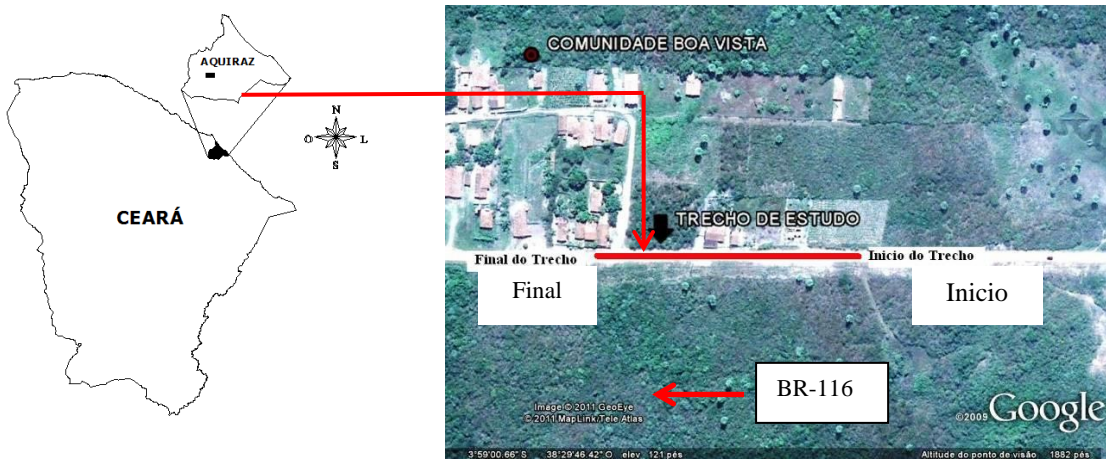


Figura 1 – Localização do Município de Aquiraz e da Estrada Vicinal em relação ao Estado do Ceará (fonte: Gomes *et. al.*, 2011).

A precipitação pluviométrica anual do município no período de 2010 à 2017 compreende variações que vão de 574,50 mm até 1.872,80 (FUNCEME, 2018). O período chuvoso tem início em janeiro e se estende até julho. Na Figura 2 apresenta-se a distribuição anual da precipitação. A precipitação média anual do período foi de 1.052,28 mm.

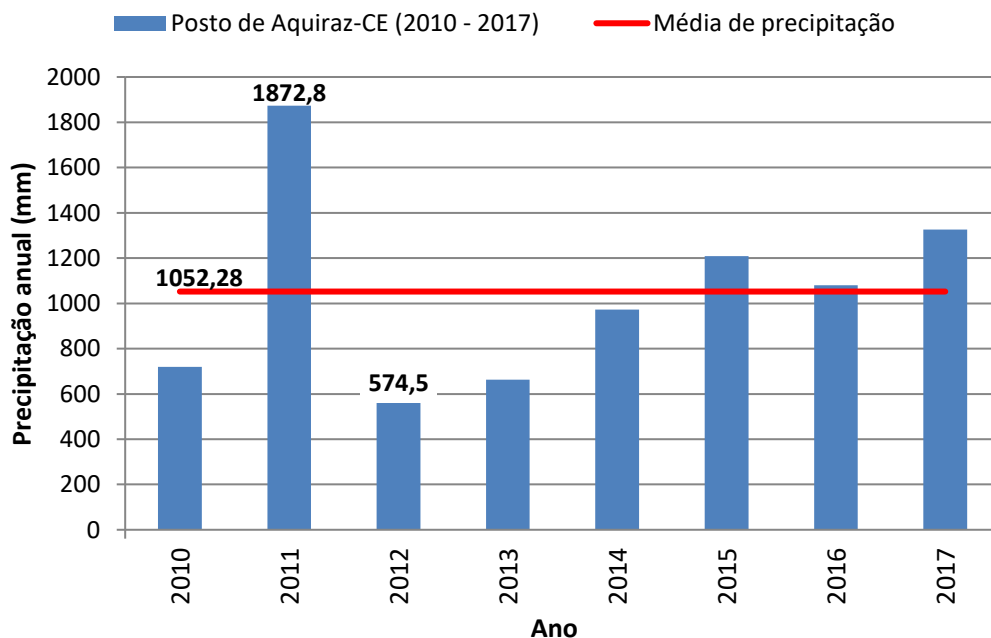


Figura 2 – Distribuição anual de precipitação pluviométrica (Posto Aquiraz, 2010 – 2017). Fonte: adaptado de FUNCEME (2018).



### 3 - MATERIAS E MÉTODOS

#### 3.1 – Cálculo da perda de solo por Levantamentos Topográficos

Gomes (2011) realizaram dois Levantamentos Topográficos (utilizando Estação Total Nikon DTM 332) no trecho de 160 m da plataforma da estrada, selecionado aleatoriamente, a fim de se estimar a perda de solo por erosão hídrica, no ano de 2011. O primeiro levantamento foi realizado no mês de fevereiro e o segundo foi realizado no mês de julho.

A partir do levantamento topográfico do trecho de 160 metros, Gomes (2011) optaram por selecionar para análise 100 metros do trecho original, dividindo o trecho em duas partes, A e B, contendo respectivamente 55 metros e 45 metros de extensão (Figura 2). A divisão do trecho em duas partes A e B foi necessária, pois a partir da avaliação em campo após o período chuvoso, se constatou que cerca de 30 metros do trecho havia sido alterado com colocação de entulho, impossibilitando o levantamento dos pontos nessa parte.

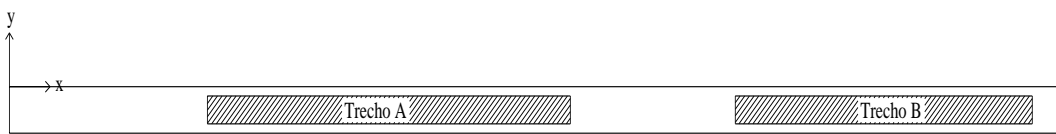


Figura 2 – Trechos analisados (fonte: Gomes *et al.*, 2011).

A estimativa da perda de solo por erosão hídrica foi calculada por meio da Equação 1. Para o trecho A, com 55 m de extensão, considerando que a massa específica aparente seca média do solo determinada em campo foi  $2035 \text{ kg.m}^{-3}$  e a diferença média de volume no período em estudo  $1,413 \text{ m}^3$  (obtida da diferença de volume entre os modelos de superfície de terreno gerados no Software Surfer 9), logo a massa de solo erodida no trecho foi de  $2.875,46 \text{ kg}$  ou  $17,42 \text{ Kg.m}^{-2}$ . Já para o trecho B, considerando que a mesma massa específica aparente seca de  $2035 \text{ kg.m}^{-3}$  e a diferença média de volume no período em estudo  $1,287 \text{ m}^3$ , a massa de solo erodida no trecho foi de  $2.619,05 \text{ kg}$  ou  $19,40 \text{ Kg.m}^{-2}$ .

$$M = \gamma \times V \quad (01)$$

Em que: M = massa de solo erodido, em kg;  $\gamma$  = Massa específica aparente do solo, em  $\text{kg/m}^3$ ; V = Volume de material erodido, em  $\text{m}^3$ .

#### 3.2 – Cálculo da perda de solo através da equação USLE

Para a predição da produção de sedimentos nos segmentos de estrada monitorados neste estudo, aplicou-se a Equação Universal de Perdas do Solo (Universal Soil Loss Equation- USLE) (Equação 1).



$$\varepsilon = R.K.L.S.C.P \quad (02)$$

Em que:  $\varepsilon$  = taxa de erosão bruta ( $\text{Mg.ha}^{-1}$ ); R é o fator de erosividade da chuva em ( $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ); K o fator de erodibilidade do solo em ( $\text{Mg.ha.h.MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ ); os demais fatores são adimensionais. Há dois fatores topográficos: L, que representa o comprimento de rampa e S que representa a declividade. O fator C representa a vegetação e usos do solo e o fator P representa as práticas conservacionistas. A obtenção dos parâmetros dessa equação é descrita com maiores detalhes em Haan *et. al.* (1994).

Para cálculo do fator de erosividade utilizou-se a equação 3, equação 4 e dados pluviométricos do município de Aquiraz de 2011 à 2017, disponíveis na página da FUNCEME.

$$R_j = 67,355 \times \left( \frac{P_m^2}{P_a} \right)^{0,85} \quad (03)$$

$$R = \sum_{j=1}^{12} R_j \quad (04)$$

Em que:  $R_j$  = média mensal do índice de erosividade, em  $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ;  $P_m$  = precipitação total mensal, em mm e  $P_a$  = média anual da precipitação da série história, em mm.

A erodibilidade k que de acordo com Bastos (2000) é definida como a propriedade do solo que expressa a maior ou menor facilidade com que suas partículas são desprendidas e transportadas por um agente erosivo, foi retirada do trabalho de Gomes (2011) que obteve um fator de erodibilidade para a mesma região de estudo de  $0,019 \text{ Mg.ha.h.MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ , este valor foi alcançado através da aplicação da equação de Wischmeier E Smith (1978) e tem como fatores de cálculo os percentuais de argila, silte e areia fina, matéria orgânica, além de parâmetros que descrevem a estrutura do solo e a permeabilidade do material.

Os parâmetros relacionados à fisiografia ou características geométricas da área foram estimados a partir do levantamento topográfico das parcelas. O fator combinado L.S, que representa comprimento de rampa e declividade, foi calculado pela equação (5), em que, LR é o comprimento de rampa (m) e DM corresponde à declividade média (%) do segmento, conforme proposta de Bertoni e Lombardi Neto (1990).

$$L.S = 0,00984 \cdot L_R^{0,63} \cdot D_M^{1,18} \quad (05)$$

Com relação ao fator C, que representa o efeito da cobertura vegetal e usos do solo, considerou-se este constante e admitiu-se valor igual a 1 em ambas as parcelas, uma vez que o



solo da superfície de estradas não pavimentadas encontra-se desnudo. O fator P, que representa as práticas conservacionistas, também foi admitido igual 1 devido à ausência destas práticas na área.

#### 4 - RESULTADO E DISCUSSÃO

O valor total da massa de solo erodido no trecho em estudado por Gomes (2011) foi obtido pela somatória da massa de solo erodido do trecho A e do trecho B, o que equivale a 5.494,50 kg. Considerando uma área de superfície de 300 m<sup>2</sup> a perda de solo no trecho em estudo foi de 18,32 Kg.m<sup>-2</sup>. A ordem de grandeza dos resultados obtidos no trabalho de Gomes (2011) pode ser observada em outros estudos verificados na literatura.

Para cálculo da erosão utilizou-se um fator de erodibilidade (K) de 0,019, os fatores C e P foram considerados iguais a 1, a declividade do trecho (S) obtida através de levantamento topográfico foi considerada 4% e o comprimento de rampa (L) foi dividido em dois trechos A e B, 55m e 45m respectivamente. Logo, os valores de LS(A) e LS(B) obtidos através da equação 5 foram 0,631 e 0,556.

Para o valor da perda de solo média em cada ano estudado neste trabalho, utilizou-se dados de 2010 à 2017 e está elencado na Tabela 1, vale ressaltar que no ano de 2010 há dados do ano todo e dados referentes ao início do período chuvoso até o início da estiagem, no caso de fevereiro a julho, com objetivo de comparação com o período observado por Gomes (2011).

Tabela 1 – Dados para cálculo de erosão e erosão total

Ano base	Precipitação anual (mm)	Erosividade (MJ.mm.ha <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> )	Erosão A ton.ha <sup>-1</sup>	Erosão B ton.ha <sup>-1</sup>	E.Total ton.ha <sup>-1</sup>	E.Total Kg.m <sup>-2</sup>
2010*	689,7	7405,6	88,750	78,21	166,96	16,70
2010	719,7	7223,8	86,572	76,29	162,86	16,29
2011	1872,8	13708,53	164,285	144,78	309,06	30,91
2012	574,5	6338,69	75,964	66,94	142,91	14,29
2013	663,1	4784,95	57,344	50,53	107,88	10,79
2014	972,5	7941,54	95,173	83,87	179,04	17,90
2015	1209	9563,10	114,606	101,00	215,60	21,56
2016	1080,1	10592,97	126,948	111,87	238,82	23,88
2017	1326,6	9705,05	116,307	102,49	218,80	21,88

\*Apenas o período estudado por Gomes *et. al.* (2011).

Na Tabela 1 pode-se encontrar os valores de precipitação anual no período de 2010 à 2017, vale ressaltar que no ano de 2010 foi feito um levantamento para dados relativos ao mesmo



período estudado por Gomes (2011), encontra-se também os valores de erosividade, a erosão encontrada para os trechos A e B, a erosão total em  $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$  e a erosão total em  $\text{Kg}\cdot\text{m}^{-2}$ .

Macdonald *et al.* (2001) em estudo nas Ilhas Virgens Americanas observaram que as estradas não pavimentadas produziam geralmente escoamento superficial quando a precipitação excedia 6 mm e produção de sedimentos de 10 a 15  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{ano}^{-1}$ .

Rijsdijk *et al.* (2007) em estudo na Ilha de Java (Indonésia) avaliaram produção de sedimentos em lotes de uma estrada não pavimentada. A precipitação anual da área era 1.877 mm, distribuídos em 107 dias. A estrada produziu cerca de 7  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{ano}^{-1}$  de sedimentos.

Já Castro *et al.* (2009), utilizando a Equação Universal de Perdas de Solo, quantificou perda de solo em um trecho da estrada vicinal (extensão de 5,25 km e largura média de 11,68 m) no Município de Presidente Prudente (SP), de 3077 t/ha.ano (307,7  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) para uma erosividade média anual de 7.982 MJ.mm/h.ha (1969 a 2006).

## 5 - CONCLUSÕES

O trabalho de Gomes (2011) obteve um valor de perda de solo de 18,32  $\text{Kg}\cdot\text{m}^{-2}$  e pela equação de USLE foi possível obter um valor de perda de solo, para o mesmo período, na mesma ordem de grandeza, 16,70  $\text{Kg}\cdot\text{m}^{-2}$ . Infere-se também que o valor de perda de solo estudado nos anos subsequentes, também não apresentara discrepância em relação ao valor obtido em campo.

De acordo com os resultados pode-se inferir que a equação do USLE consegue representar a erosão que ocorre no campo, visto que o resultado obtido através da equação do USLE está na mesma ordem de grandeza do levantamento de erosão realizado por levantamento topográfico.



## BIBLIOGRAFIA

BASTOS, C. A. B.; MILITITSKY, J.; GEHLING, W. (2000). A avaliação da erodibilidade dos solos sob o enfoque geotécnico – pesquisas e tendências. In: II Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica da Região Sul, GEOSUL, p. 203-211

BERTONI, J. ; LOMBARDI NETO, F. *“Conservação do solo: Uso em manejo e práticas conservacionistas”*. 1. ed. São Paulo: Editora Ícone, 1990. 393 p.

CASTRO, T. M.; ALAMINO, A. L. M.; ARAÚJO, R. R.; NUNES, J. O. R.; TAVARES, C. R. G.; SOARES, P. F.; BASSANI, F.; TEIXEIRA, T. M. (2009). *“Perda de solo antes e depois da adequação em estradas não pavimentadas”*. Estudo de caso: trecho da PSP-428 de Presidente Prudente – SP. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, XVIII, Campo Grande.

GOMES, D. B. 2011. *“Caracterização da erodibilidade e estimativa de perdas de solo em estrada vicinal”*. Monografia. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE. Fortaleza, Ceará.

HAAN, C.T.; BARFIELD, B.J.; HAYES, J.C. 1994. *“Design Hydrology and Sedimentology for Small Catchments”*. Academic Press, San Diego, 588p.

MACDONALD, L.H., SAMPSON, R.W., ANDERSON, D.M., (2001). *“Runoff and road erosion at the plot and road segment scales, St John, US Virgin Islands. Earth Surface Processes and Landforms”* pp. 26: 251–272.

MARIOTONI, M. (1987). *“Rodovias Vicinais: Conceituação e Importância”*. Dissertação Mestrado. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo.

PRUSKI, F. F. (2009). *“Fatores que interferem na erosão hídrica do solo. In: PRUSKI, F. F. (Ed). Conservação do solo e da água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica”*. Viçosa: Editora UFV. 2ª edição. p. 40-73. 279 p.

RIJSDIJK, A.; BRUIJNZEEL, L.A. S.; SUTOTO, C. K. (2007). *“Runoff and sediment yield from rural roads, trails and settlements in the upper Konto catchment”*, East Java, Indonesia. *Geomorphology*, pp. 87: 28–37.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. 1978. *“Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning”*. Agricultural Handbook No.537. US Department of Agriculture: Washington, D.C.