

MÉTODO PARA MAPEAMENTO DA CONTRIBUIÇÃO DE TERRAÇOS AGRÍCOLAS NAS PERDAS DE SOLO

Sérgio Galdino¹, Sergio Gomes Tosto¹ e Carlos Fernando Quartaroli¹

¹ Embrapa Territorial. Av. Soldado Passarinho, 303 – Fazenda Chapadão – 13070-115 – Campinas – SP, Brasil.
{sergio.galdino, sergio.tosto, carlos.quartaroli}@embrapa.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi descrever um método de estimativa espacial do fator de práticas conservacionistas do solo (fator P) da Equação Universal de Perda de Solo Revisada (*Revised Universal Soil Loss Equation*, RUSLE) em áreas com terraceamento agrícola. Foi considerado que o fator P da RUSLE varia de acordo com o espaçamento horizontal entre terraços (EH). O EH é calculado por equações e tabelas desenvolvidas para condições brasileiras e varia em função da declividade do terreno, do tipo de solo e dos tipos de uso e manejo do solo. As ferramentas do sistema de informações geográficas mostraram-se úteis para o método, ao possibilitarem cálculos matemáticos de arquivos matriciais georreferenciados. A ferramenta de reclassificação do SIG também foi útil para atribuir um valor de P para cada célula do raster de EH, o que gerou o raster com a espacialização do fator P.

Palavras-chave — geotecnologia, sistema de informação geográfica, conservação do solo, práticas conservacionistas do solo, equação universal de perda de solo.

ABSTRACT

The objective of this research study was to describe a method for spatial estimation of soil conservation practices factor (P factor) from the Revised Universal Soil Loss Equation, RUSLE, in areas under agricultural terracing. In this work it was considered that RUSLE P factor varies according to the horizontal distance between terraces (EH). EH is calculated through equations and tables specially developed for Brazilian conditions and varies with the slope, soil type, land use and soil management. The GIS tools were useful for the method, making possible mathematical calculations of georeferenced matrix files. The GIS reclassification tool was also useful for the method by making possible mathematical calculations of georeferenced matrix files. The GIS reclassification tool was also useful to assign a P value to each cell of the EH raster, which generated the raster with a spatialized P factor.

Key words — geotechnology, geographic information system, soil conservation, soil conservation practices, universal soil loss equation.

1. INTRODUÇÃO

Um dos modelos mais utilizados em todo o mundo para estimar a perda média anual de solo é a *Universal Soil Loss Equation* (USLE), desenvolvida para os Estados Unidos [1]. O modelo adaptado da USLE para uso no Brasil é conhecido como Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) [2]. Com o intuito de melhorar as estimativas de perdas de solo por meio da USLE, foi desenvolvida, também nos Estados Unidos, a Equação Universal de Perda de Solo Revisada (*Revised Universal Soil Loss Equation*, RUSLE) [3]. A USLE, EUPS e a RUSLE são modelos empíricos que preveem as perdas médias anuais de solo por erosão hídrica com base no conhecimento dos fatores que influenciam a erosão: erosividade da chuva (fator R), erodibilidade do solo (fator K), fator topográfico (fator LS), cobertura e manejo do solo (fator C) e práticas conservacionistas do solo (fator P). Os fatores R, K e LS dependem das condições naturais de clima, solo e topografia, enquanto os fatores C e P podem ser modificados pelos agricultores, influenciando na proteção da terra contra a erosão hídrica. O que diferencia a USLE da EUPS e da RUSLE é a forma distinta de cálculo dos fatores R, K, LS, C e P.

O terraceamento agrícola é a prática mecânica de controle da erosão mais difundida entre os agricultores brasileiros [4] [5] [6], e consiste na construção de estruturas transversais ao sentido do maior declive do terreno. Apresenta estrutura composta de um dique e um canal e tem a finalidade de reter e infiltrar as águas das chuvas nos terraços em nível, ou escoá-las lentamente para áreas adjacentes nos terraços em desnível ou com gradiente [6].

Para dimensionar os espaçamentos vertical (EV) e horizontal (EH) entre terraços existem diferentes metodologias disponíveis na literatura, as quais são principalmente funções da declividade do terreno e das características do solo [7]. Para dimensionar EV e EH de terraços em nível em áreas de pastagens no estado de Goiás e no Distrito Federal [8] foi utilizado Sistema de Informação Geográfica (SIG) e uma equação empírica do Serviço de Conservação de Recursos Naturais do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos [9]. Posteriormente foi mapeada o fator P para essas áreas de pastagens, a partir de estudo [10] que estabelece uma relação entre intervalos de espaçamento horizontal de terraços com valores do fator P, para uso no planejamento conservacionista. Os valores do fator P para terraços [10] são os preconizados pela RUSLE e

compreendem valores de 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9 e 1. Diferentemente da RUSLE, a EUPS [2] propõe apenas o valor de 0,5 para o fator P em áreas terraceadas.

No Brasil, existem vários métodos empíricos de estimativa do espaçamento entre terraços. Dentre eles, destaca-se o método que propõem uma equação de estimativa do espaçamento vertical entre terraços com base na declividade do terreno, em um índice que depende do tipo de solo, do fator de uso do solo e do fator de preparo do solo e manejo dos restos culturais [11]. O mapeamento o fator P da RUSLE em sub-bacias do noroeste do estado de São Paulo [12] foi realizado utilizando SIG e os mapas de EV e EH [12] usando o método desenvolvido para o Brasil [11].

O objetivo deste trabalho foi descrever o método de estimativa espacial do fator P da RUSLE em áreas terraceadas. Os EV e EH foram calculado por equações e tabelas desenvolvidas para condições brasileiras [11].

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para dimensionar os espaçamentos vertical (EV) e horizontal (EH) entre terraços foi utilizada a metodologia desenvolvida para condições brasileiras [11]. O mapeamento de EV, EH e do Fator P da RUSLE foram obtidos pelo SIG ArcGIS 10.3 [13], a partir de arquivos raster de declividade do terreno, de classes de solo e de uso e manejo do solo.

Para o mapeamento do espaçamento vertical entre terraços, foi utilizada a Equação 1 [11]:

$$EV = 0,4518 \times K \times (D^{0,58}) \times \left(\frac{u + m}{2}\right) \quad (1)$$

EV = espaçamento vertical entre terraços, em metros;

D = declive do terreno, em porcentagem;

K = índice variável para cada tipo de solo;

u = fator de uso do solo;

m = fator de manejo do solo (preparo do solo e manejo de restos culturais).

O mapeamento dos valores do índice K foi obtido a partir do mapa de solos da área de interesse e da tabela dos valores do índice K, de acordo com o agrupamento das classes de solos segundo suas qualidades, características e resistência à erosão [11].

O fator de uso do solo (u) varia de 0,5 a 2,0, conforme o tipo de cultura agrícola presente nas áreas terraceadas [11]. O fator de manejo do solo (m) também varia de 0,5 a 2,0, conforme o grupo de preparo do solo e manejo de restos culturais nas áreas com terraços [11].

Para gerar o mapa de EV (Equação 1) foi utilizado a ferramenta *Raster Calculator* da extensão *Spatial Analyst Tools* do ArcGIS, e os arquivos raster de declive do terreno (D), de índice do solo (K), e dos fatores de uso (u) e de manejo do solo (m).

O espaçamento horizontal entre terraços (EH), em metros, é calculado pela Equação 2 [11]:

$$EH = \frac{100 \times EV}{D} \quad (2)$$

EV = espaçamento vertical entre terraços, em metros;

D = declividade do terreno, em porcentagem.

Para mapear o espaçamento horizontal entre terraços (EH), também foram utilizados a ferramenta *Raster Calculator* do ArcGIS e os arquivos raster do declive do terreno (D) e do EV das áreas com terraços.

Para gerar o mapa do fator de práticas conservacionistas do solo nas áreas terraceadas (fator P da RUSLE), foi utilizada a Tabela 1 [10].

Tabela 1. Valores do fator P da RUSLE para diferentes espaçamentos horizontais entre terraços (EH).

Pé (ft)	Metro (m)*	Fator P da RUSLE	
		Terraço em nível	Terraço com gradiente de 1% a 3%
< 110	< 33,528	0,5	0,6
110 - 140	33,528 – 42,672	0,6	0,7
140 - 180	42,672 – 54,864	0,7	0,8
180 - 225	54,864 – 68,580	0,8	0,8
225 - 300	68,580 – 91,440	0,9	0,9
> 300	> 91,440	1	1

*Adaptado para o Sistema Internacional de Unidades (SI).

Considerando os intervalos de espaçamentos horizontais entre terraços em metros (EH) e os correspondentes valores do fator P para terraços em nível ou com gradiente (Tabela 1), foi gerado o mapa do fator P para as áreas terraceadas.

Inicialmente o arquivo raster de EH foi classificado manualmente para as seis classes de intervalos de espaçamento entre terraços da Tabela 1. Em seguida, utilizando a ferramenta *Reclassify* da extensão *Spatial Analyst Tools* do ArcGIS, as classes de intervalos de EH do arquivo raster EH foram reclassificadas para valores inteiros. O intervalo de EH < 33,528 foi reclassificado para 5, o intervalo de EH entre 33,528 e 42,672 foi reclassificado para 6, e assim sucessivamente até o intervalo de EH > 91,440, que foi reclassificado para 10, gerando, assim, um arquivo raster EH reclassificado (EH_reclas). O arquivo raster do mapa do fator P para as áreas terraceadas finalmente foi obtido utilizando a ferramenta *Raster Calculator* da extensão *Spatial Analyst Tools* do ArcGIS, empregando a expressão: $1.0^{**}EH_reclas^{**}/10$. A multiplicação por 1.0 é necessária para que o arquivo resultante da ferramenta *Raster Calculator* apresente uma casa decimal, caso contrário o número resultante será um número inteiro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do método desenvolvido para condições brasileiras [11] nas áreas com terraços em nível em sub-bacias do noroeste de do estado de São Paulo, considerou que o termo $(u + m)/2$ foi de 1,25 [12], uma vez que foram usados valores médios dos fatores u e m , ou seja, de 1,25 para cada um dos fatores. Isto foi decorrente da diversificação do uso das terras e do manejo do solo e também por não se dispor de um mapeamento atualizado do uso dessas terras [12].

Para sub-bacias do noroeste de SP, os valores médios do fator P e parâmetros utilizados para a sua estimativa foram: fator P de 0,6290; declividade de 4,4893%; índice K de 1,1524; EV de 1,4466 m; EH de 42,9583 m [12].

A correlação entre o fator P e o índice K , para sub-bacias do noroeste de SP, foi de apenas 0,25937, decorrente provavelmente do reduzido número de classes de solo na área de estudo e da proximidade entre os valores do índice K , que variaram entre 1,10 e 1,25 [12].

Os valores do fator P das terras terraceadas apresentaram a seguinte distribuição em porcentagem da área de estudo; $P = 0,5$ em 39,78% da área, $P = 0,6$ em 23,67% da área, $P = 0,7$ em 17,16% da área, $P = 0,8$ em 9,71% da área, $P = 0,9$ em 6,47% da área, e $P = 1$ em 3,20% da área de estudo [12].

A correlação linear de Pearson entre o fator P e a declividade do terreno foi de -0,78606, evidenciando uma relação inversamente proporcional, ou seja, à medida que a declividade do terreno aumenta, o valor do fator P diminui, e vice-versa [12]. Quanto menor a declividade do terreno, maior o espaçamento horizontal (EH) entre terraços ($r = -0,67283$) e, conseqüentemente, menor o efeito do terraceamento na redução das perdas de solo entre terraços [12].

4. CONCLUSÕES

O método descrito neste trabalho permite a obtenção do fator P da RUSLE de forma espacializada, utilizando valores de espaçamento horizontal entre terraços (EH), por sua vez obtidos a partir de modelos digitais de declividade de mapas de classes de solo e do uso das terras.

A espacialização do fator P permite uma estimativa mais acurada das perdas de solo pela RUSLE do que métodos que consideram o valor P constante.

As ferramentas de SIG mostraram-se úteis para o método, ao possibilitarem cálculos matemáticos envolvendo células de arquivos matriciais (raster) georreferenciados. A ferramenta de reclassificação do SIG também foi útil para atribuir um valor de P para cada célula do raster EH, com base em dados disponibilizados para a RUSLE, o que gerou o raster com a espacialização do fator P .

5. REFERÊNCIAS

- [1] Wischmeier, W.H.; Smith, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, USDA, 1978. 58 p. (Agricultural Handbook, 537).
- [2] Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. **Conservação do solo**. São Paulo. Ícone, 1990, 355p.
- [3] Renard, K.G.; Foster, G.R.; Weesies, G.A.; Mccool, D.K.; Yoder, D.C. **Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)**. Washington, DC: USDA, 1997. 404 p. (Agricultural Handbook, 703).
- [4] Miranda, J.H.; Duarte, S.N.; Silva, K. O.; Jong Van Lier, Q.; Villa Nova, N.A. Dimensionamento de terraços de infiltração pelo método do balanço volumétrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 2/3, p. 169-174, 2004.
- [5] Pruski, F.F.; Griebeler, N.P.; Silva, J.M.A. Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica em áreas agrícolas. In: Pruski, F.F. **Conservação do solo e da água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. Viçosa, MG: UFV. 2006. p. 133-170.
- [6] RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura. **Manual de conservação do solo**. 3. ed. Porto Alegre, 1985. 287 p.
- [7] Griebeler, N.P.; Pruski, F.F.; Teixeira, A.F.; Silva, D.D. Modelo para dimensionamento e a locação de sistemas de terraceamento em nível. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 696-704, 2005.
- [8] Galdino, S.; Sano, E.E.; Andrade, R.G.; Grego, C.R.; Nogueira, S.F.; Bragantini, C.; Flosi, A.H. Large-scale Modeling of Soil Erosion with RUSLE for Conservationist Planning of Degraded Cultivated Brazilian Pastures. **Land Degradation & Development**, v. 27, n. 3, p. 773-784, 2016.
- [9] USDA-NRCS. Stream Restoration Design Handbook. In: **Engineering Field Manual: for conservation practices**. Washington, D.C.: Department of Agriculture; Natural Resources Conservation Service, 2011. Part 650. Chapter 8: Terraces.
- [10] Foster, G.R.; Highfill, R.E. Effect of terraces on soil loss: USLE P-factor values for terraces. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 38, p. 48-51, 1983.
- [11] Lombardi Neto, F.; Bellinazzi Júnior, R.; Lepsch, I.; Oliveira, J. B.; Bertolini, D.; Galeti, P.A.; Drugowich, M.I. **Terraceamento agrícola**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1994. (Boletim Técnico, 206).
- [12] Galdino, S.; Tosto, S.G.; Quartaroli, C.F.; Camargo Junior, A.A. **Mapeamento da contribuição de terraços agrícolas na redução da erosão do solo em sub-bacias do noroeste do Estado de São Paulo**. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2017. 27 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 33).
- [13] ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **ArcGIS Desktop: release 10.3**. Redlands: ESRI, 2013.