

## **Determinação do fator LS da RUSLE utilizando SRTM**

Dione Pereira Cardoso<sup>1</sup>, Junior Cesar Avanzi<sup>2</sup> e Marx Leandro Naves Silva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Discente de doutorado, Departamento de Ciência do Solo-DCS, Universidade Federal de Lavras-UFLA, e-mail: cardoso.dione@gmail.com; <sup>2</sup>Professor Adjunto, Departamento de Ciência do Solo-DCS, Universidade Federal de Lavras-UFLA; <sup>3</sup>Professor Titular, Departamento de Ciência do Solo-DCS, Universidade Federal de Lavras-UFLA.

### **Resumo**

Um fator que interfere no escoamento superficial contribuindo de forma significativa para o processo erosivo é o fator topográfico – fator LS. Portanto, objetivou-se comparar os MDEs (Shuttle Radar Topography Mission - SRTM) para as resoluções espaciais (30 e 90 m) submetidos a diferentes fluxos de acumulação (simples e múltiplo) para estimar o fator LS na sub-bacia de Peixe Angical, denominada Zé da Silva, TO. Foi calculado no software SAGA-GIS, o declive e o fluxo de direção, considerando nesse caso, oito algoritmos, a partir do MDE. Posteriormente, o cálculo do fator LS. O SRTM mais indicado foi o de 30 m, que corresponde uma resolução mais detalhada em relação à resolução espacial de 90 m. Para os métodos de fluxo de direção adotado, os valores do fator LS obtidos com o MDE com resolução espacial de 90 m, estão superestimados em relação a resolução de 30 m. Os fluxos de direção de maior importância para estimar o fator LS foram Multiple Flow Direction (MFD) para o SRTM de 30 m e BR Braunschweiger Reliefmodell para o SRTM de 90 m. Para o cálculo do fator topográfica para a bacia hidrográfica do rio Zé da Silva, o SRTM mais indicado foi o de 30 m associado ao MFD.

### **Introdução**

A perda de solo é um problema mundial, onde com aplicação de medidas preventivas ou corretivas, por meio de práticas conservacionistas e manejo adequado, há uma redução nos impactos. Deste modo, torna-se necessário a identificação da localização espacial destes processos erosivos. Um modelo, amplamente utilizado, é o modelo RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation). Dentre os fatores que compõe esse modelo, pode-se destacar o topográfico, que envolve a declividade e o comprimento de rampa (fator LS).

O fator LS, de acordo com Bircher et al. (2019), é um dos fatores mais difíceis da RUSLE para se definir em uma paisagem com topografia variável. Com a disponibilidade dos Modelos Digitais de Elevação (MDE), o cálculo do fator LS em ambientes GIS foi possível mesmo para abordagens de modelagem de erosão em larga escala (Schmidt et al., 2019).

Estudos desenvolvidos por Panagos et al. (2015) calcularam o fator LS para a Europa, usando o MDE de alta resolução (25 m), por meio de múltiplos algoritmos de fluxo e com o software SAGA (Saga-Gis, versão 7.4). Atualmente, estudo que envolve a resolução espacial do MDE e dos métodos de fluxo de acumulação, ainda são escassos no Brasil. Portanto, objetivou-se comparar os MDEs (Shuttle Radar Topography Mission - SRTM) para as resoluções espaciais (30 e 90 m) submetidos a diferentes fluxos de acumulação (simples e múltiplo) para estimar o fator LS na sub-bacia Zé da Silva, a qual é tributário do reservatório de Peixe Angical, no Rio Tocantins. A hipótese testada é que quanto melhor a resolução espacial utilizada, a obtenção do fator LS será mais acurado. E, a seleção do fluxo de direção adequada contribuí na eficiência para estimar o fator LS.

## Material e Método

A bacia hidrográfica do rio Zé da Silva está inserida na bacia do reservatório do Aproveitamento Hidrelétrico de Peixe Angical no Rio Tocantins, localizado no estado do Tocantins, Brasil. Para avaliar o fator LS do RUSLE, obteve-se o Modelo Digital de Elevação (MDE) pela plataforma Google Earth Engine Explore. Esta plataforma disponibiliza o Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), conforme Farr et al. (2007), com resolução de 1 arco-segundo (aproximadamente de 30 m). Este SRTM foi projetado para Albers e redefiniu-se as resoluções espaciais para 30 e 90 m. Posteriormente, as imagens foram corrigidas com pré-processamento (Planchon e Darboux, 2001), considerando uma declividade mínima de  $0,01^\circ$ .

Para a determinação da declividade (em graus), o MDE foi corrigido usando o método de Zevenbergen e Thorne (1987). Enquanto, para a determinação da acumulação do fluxo utilizou-se diversos algoritmos de direção de fluxo, sendo dividido em simples (Deterministic8 – D8; Rho 8; Braunschweiger Reliefmodell – BR; e Deterministic Infinity – DI) e múltiplos (Multiple Flow Direction – MFD; Multiple Triangular Flow Direction – MTFD; e Multiple Maximum Downslope Gradient Based Flow Direction – MM).

O cálculo do fator LS pode ser realizado separadamente ou em conjunto, como no presente estudo. Com a declividade e fluxo acumulado da bacia, determinou-se o fator LS de acordo com o método de Desmet e Govers (1996). De acordo com Zanin et al. (2017), para este método, a área da acumulação de fluxo é inserida em seu estado bruto. Todos os cálculos foram realizados com o auxílio do software System for Automated Geoscientific Analyses - SAGA (Saga-Gis, versão 7.4). Para verificar a melhor resolução espacial do MDE, combinada com os diferentes fluxos de acumulação, aplicou-se o Random Forest Regression com auxílio do software R.

## Resultados e Discussão

Para a bacia hidrográfica do rio Zé da Silva, o SRTM mais indicado foi o de 30 m (Figura 1), que corresponde uma resolução mais detalhada em relação à resolução espacial de 90 m, confirmando a hipótese deste trabalho. Entretanto, Dart et al. (2017) observaram que a menor resolução espacial (90 m), apresentou melhor desempenho ao ser comparado ao mais detalhados (10 m). De acordo com Wu et al. (2005), o modelo de elevação digital com resolução de 30 m é adequado para avaliações de erosão, por outro lado, o MDE de 100 m aumenta a área de contribuição e diminui os declives, portanto, deve ser manuseado com cuidado.

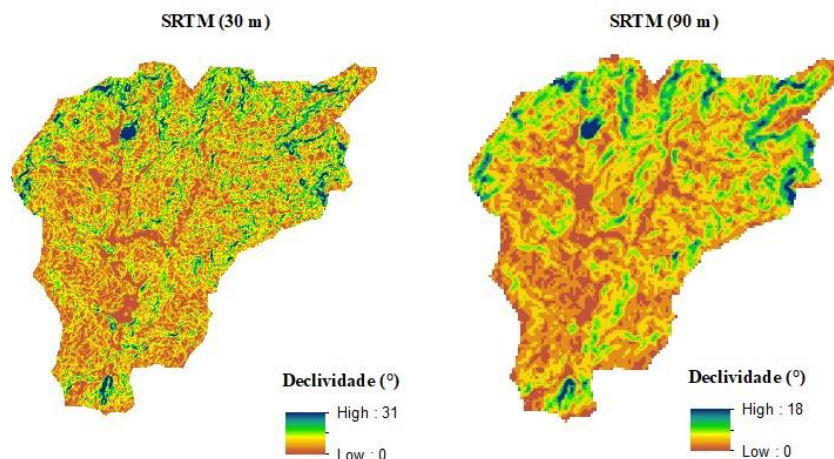


Figura 1. Declividade em graus com base no SRTM de 30 e 90 m, para bacia hidrográfica do rio Zé da Silva, TO.

Pela Figura 2 verifica-se que independentemente do método da acumulação de fluxo adotado para calcular o fator LS, os valores obtidos com o MDE com resolução espacial de 90 m, estão superestimados em relação a resolução de 30 m. A análise visual de acordo com Panagos et al. (2015), indica que a resolução do MDE tem consequências profundas no padrão espacial do fator LS. Os maiores valores do fator LS foram para os SRTM de 90 m e os menores valores para os de 30 m. Deste modo, a utilização do SRTM de 90 m irá superestimar as perdas de solo na bacia.

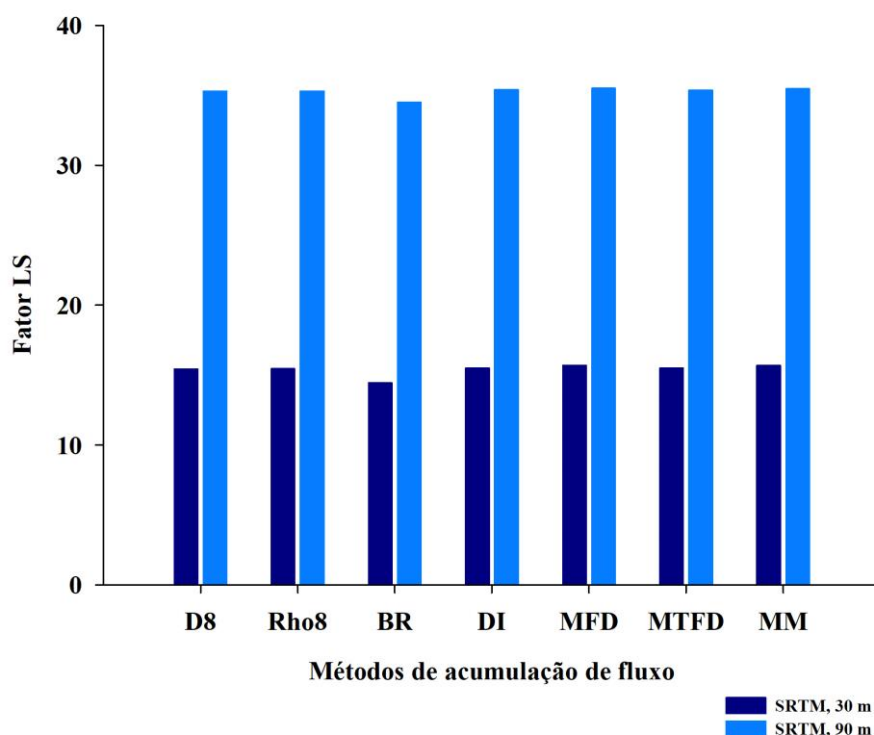


Figura 2. Os valores médios do fator LS para cada método da acumulação de fluxo, para bacia hidrográfica do rio Zé da Silva, TO.

Os métodos de fluxo de direção (Figura 3) de maior importância para estimar o fator LS foram MFD para o SRTM de 30 m (fluxo múltiplo) e BR para o SRTM de 90 m (fluxo simples). As ordens de importância dos métodos foram para o SRTM de 30 m, MFD > MM > DS > DI > Rho8 > MTFD > BR e para o SRTM de 90 m, BR > MFD > MM > Rho8 > MTFD > DI > D8 (Figura 3). Na avaliação de uma simulação de escoamento, López-Vicente et al. (2014) encontraram valores diferentes desse trabalho, as melhores simulações obtidas com dois algoritmos de fluxo único (Rho8 e DI) e dois algoritmos de fluxo múltiplo (MFD-Th e MTFD). Torna-se, portanto, importante um estudo prévio do MDE com cada algoritmo antes de sua aplicação.

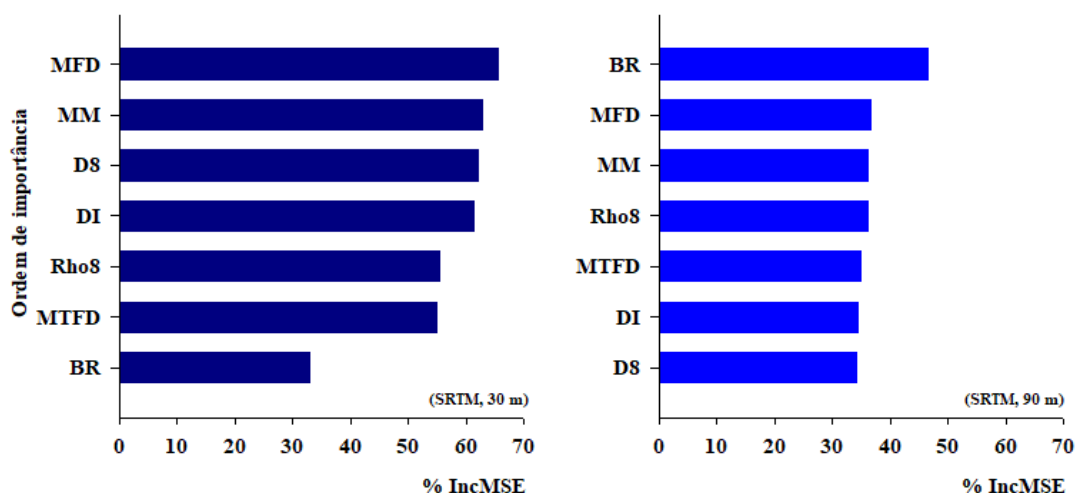


Figura 3. Avaliação da variável exploratória dos diferentes métodos da acumulação de fluxo utilizados para calcular o fator LS pelo Random Forest Regression, para bacia hidrográfica do rio Zé da Silva, TO.

O emprego das ferramentas GIS possibilita estimar a partir do modelo digital de elevação o fator topográfico LS, antes dessas ferramentas a obtenção somente no local, o que possibilitou avaliar a distribuição espacial desse fator. Gomes et al. (2018) confirmaram a eficiência da técnica de cálculo do fator topográfico utilizando modelo digital de elevação e ferramentas de geoprocessamento. Com a disponibilidade dos modelos digitais de elevação, o cálculo dos fatores LS em ambientes GIS foi possível mesmo para abordagens de modelagem da erosão em larga escala (Schmidt et al., 2019). Comparar as resoluções do SRTM e os métodos de fluxo de acumulação da bacia é de importante para decisões futuras no cálculo do fator topográfico – fator LS. A análise da topografia no SIG, de acordo com Oliveira et al. (2013), possibilita a análise da paisagem em larga escala, considerando os efeitos da topografia de maior complexidade na erosão do solo, facilita e agiliza o processamento de dados e reduz o custo relativo.

### Conclusões

O SRTM de 30 m apresentou maiores valores de declividade, entretanto, menores valores para o fator topográfico.

Devido ao melhor detalhamento da declividade, este modelo de elevação digital (SRTM 30 m) foi o mais adequado para estimar o fator LS.

O método de maior importância para o cálculo do fator LS foi o de Multiple Flow Direction (MFD) para o SRTM 30 m; enquanto, para o SRTM 90 m o melhor foi o Braunschweiger Reliefmodell (BR).

### Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

### Referências Bibliográficas

- Bircher, P.; Liniger, H.P.; Prasuhn, V. Comparing different multiple flow algorithms to calculate RUSLE factors of slope length (L) and slope steepness (S) in Switzerland. *Geomorphology*, p. 106850, 2019.
- Dart, R.O.; Vasques, G.M.; Coelho, M.R.; Fernandes, N.F. Sensoriamento remoto aplicado à predição de classes de solo em Floresta Tropical Seca: comparação entre tipos, fontes e épocas de aquisição. *Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto* - 28 a 31 de maio de 2017 INPE Santos - SP, Brasil.
- Desmet, P.J.J.; Govers, G.A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of soil and water conservation*, v. 51, n. 5, p. 427-433, 1996.
- Farr, T.G.; Rosen, P.A.; Caro, E.; Crippen, R.; Duren, R.; Hensley, S.; Kobrick, M.; Paller, M.; Rodriguez, E.; Roth, L.; Seal, D.; Shaffer, S.; Shimada, J.; Umland, J., Werner, M.; Oskin, M.; Burbank, D.; Alsdorf, D.E. The shuttle radar topography mission. *Reviews of Geophysics*, v. 45, n. 2, RG2004, 2007. <https://doi.org/10.1029/2005RG000183>.
- Gomes, F.E.F.; Mamede, G.L.; Lopes, F.B. Alternativa para o cálculo automático e espacializado do fator topográfico da USLE em bacias hidrográficas. *Irriga*, v. 1, n. 2, p. 6-13, 2018.
- López-Vicente, M.; Pérez-Bielsa, C.; López-Montero, T.; Lambán, L.J.; Navas, A. Runoff simulation with eight different flow accumulation algorithms: Recommendations using a spatially distributed and open-source model. *Environmental modelling & software*, v. 62, p. 11-21, 2014.
- Oliveira, A.H.; Silva, M.A. da; Silva, M.L.N.; Curi, N., Klinke Neto, G.; Freitas, D.A.F. de. Development of topographic factor modeling for application in soil erosion models. Soriano, M.C.H. *Soil processes and current trends in quality assessment*. Rijeka: InTech, n. 4, p. 111-138, 2013.
- Panagos, P.; Borrelli, P.; Meusburger, K. A New European Slope Length and Steepness Factor (LS-Factor) for Modeling Soil Erosion by Water. *Geosciences*, v. 5, p. 117-126, 2015.
- Planchon, O.; Darboux, F. A fast, simple and versatile algorithm to fill the depressions of digital elevation models. *Catena*, v. 46, n. 2-3, p. 159-176, 2002.
- Schmidt, S.; Tresch, S.; Meusburger, K. Modification of the RUSLE slope length and steepness factor (LS-factor) based on rainfall experiments at steep alpine grasslands. *MethodsX*, v. 6, p. 219-229, 2019.
- Wu, S.; Li, J. & Huang, G. An evaluation of grid size uncertainty in empirical soil loss modeling with digital elevation models. *Environmental Modeling & Assessment*, v. 10, n. 1, p. 33-42, 2005.
- Zanin, P.R.; Bonumá, N.B.; Minella, J.P.G. Determinação do fator topográfico em bacias hidrográficas. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 18, n. 1, 2017.