

INFLUÊNCIA DA RESOLUÇÃO ESPACIAL DE MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO SOBRE A ESTIMATIVA DE PERDA DE SOLO

Carina B. Colman^{1*}, José Augusto N. Santos², André Almagro³, Paula P. Siqueira⁴, Paulo Tarso S. Oliveira⁵

1. Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da UFMS
2. Graduado em Engenharia Ambiental na UFMS
3. Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da UFMS
4. Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da UFMS
5. Orientador, Professor adjunto da UFMS

Resumo

Uma das maneiras mais utilizadas para estimar a perda anual de solo é a Equação Universal da Perda de Solo (USLE). Um dos fatores importantes para o cálculo é o Fator Topográfico (LS) caracterizado pela declividade e o comprimento de rampa. Entre as diversas formas de determinar o Fator LS, uma delas é utilizar arquivos digitais que representam o terreno, como os Modelos Digitais de Elevação (MDE), em aplicativos integrados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Neste estudo, buscamos avaliar a influência da resolução espacial do MDE sobre a perda de solo na bacia de estudo, comparando os valores estimados e dados medidos em campo. Com isso, percebemos a aplicabilidade de modelos de superfície de média resolução, fornecidos gratuitamente, para a estimativa da perda média de solo.

Palavras-chave: USLE; Fator LS; Produção de sedimentos.

Apoio financeiro: MCTIC e CNPq.

Introdução

A Equação Universal da Perda de Solo (do inglês Universal Soil Loss Equation – USLE) é o modelo de erosão de solo mais utilizado no mundo e fornece informações úteis para o adequado planejamento de medidas de conservação de solo e água (Oliveira et al., 2013). A topografia é crucial para estimar perda de solo por meio de modelos como a USLE (Wischmeier and Smith, 1978), influenciando sobre o movimento da água, do sedimento e de outros constituintes da paisagem (Wilson et al., 2007).

Os Modelos Digitais de Elevação (MDE's) são úteis para representar a topografia terrestre (Thompson et al., 2001). Para se obter uma acurada estimativa de perda de solo, deve-se atentar para a acurácia do fator LS em escala na bacia. Isto dependerá da acurácia do modelo altimétrico e da precisão dos métodos de cálculo no ambiente SIG. O GISus-M é uma plataforma em SIG capaz de calcular automaticamente a perda de solo por meio do modelo da USLE (Oliveira et al., 2015).

Diversos estudos abordaram a influência da resolução espacial dos MDE's sobre o fator topográfico (Fator LS), testando diferentes fonte de dados topográficos, como SRTM e de cartas topográficas (Oliveira et al., 2013), bem como testando a resolução espacial (Liu et al., 2011). Apesar disso, há poucos estudos que avaliam a influência da resolução espacial sobre a perda de solo com a utilização de dados observados em campo.

Sendo assim, o objetivo deste estudo é verificar a influência da acurácia do modelo digital de elevação sobre a estimativa de perda anual de solo por meio da USLE. O estudo foi realizado sobre a Bacia do Córrego Guariroba, onde está presente a principal fonte de água para abastecimento do município de Campo Grande, capital do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. Uma vez atestada a possibilidade de uso de dados gratuitos oriundos de sensoriamento remoto, facilita-se a gestão de grandes áreas sem dados de elevação, sobretudo na questão da conservação do solo e água.

Metodologia

A Bacia do Córrego Guariroba possui cerca de 362 km² que compõem a área de proteção ambiental chamada APA Guariroba. Originalmente a área era coberta por vegetação característica do Cerrado, no entanto, a atividade agrícola foi responsável pela conversão de grandes áreas em pastagens e plantações de eucalipto. A classificação de Köppen indica clima Aw, sendo quente e úmido, com estação fria e seca. A precipitação média anual é 1500 mm, a elevação varia entre 450 m e 660, e o relevo é predominantemente plano.

A Equação Universal de Perda de Solo (USLE) (Wischmeier and Smith, 1978) calcula a perda média anual de solo pela integração de seis fatores que influenciam a aceleração do processo de erosão do solo. O cálculo da USLE foi feito por meio do aplicativo GISus-M (Oliveira et al., 2015).

Nós utilizamos o Fator R desenvolvido por Oliveira et al. (2012), em que os autores utilizaram dados de chuva de 109 estações aplicados em uma equação ajustada. O mapa de erosividade foi gerado por

interpolação de krigagem ordinária. O Fator K foi obtido pelo estudo de Anache et al. (2014), onde foram coletadas 64 amostras de solo na área de estudo onde foram aplicados no modelo de Sharpley and Williams (1990) para obtenção do Fator K dos solos da bacia.

O Fator LS foi obtido por meio da ferramenta LS-TOOL, desenvolvido por Zhang et al. (2013), modificado e inserido no sistema GISus-M. Diferentes resoluções espaciais de Modelos Digitais de Elevação (MDE) foram utilizadas para computar o Fator Topográfico, calculado pelas equações propostas por McCool et al. (1989). Para investigar o efeito da resolução espacial do MDE sobre a perda média de solo, utilizamos modelos de elevação de quatro fontes diferentes.

Os MDE utilizados foram do programa ASTER GDEM, com resolução espacial de 30 metros, do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), com resolução espacial de 30 metros e modelo chamado Bare-Earth SRTM. Estes consistem em modelos melhorados, gerados a partir dos modelos SRTM, dos quais foi removida a interferência da vegetação sobre a elevação apresentada do modelo. Este é um produto que representa melhor da realidade, baseado nos desvios que o método permitiu remover. O último MDE consistem em uma imagem com 1 metro de resolução espacial obtida pelo satélite IKONOS. No entanto, a ferramenta LS-Tool não foi capaz de processar o modelo com esta alta resolução, e então o modelo foi reamostrado para 5 metros.

Para o Fator C atribuímos a cada uso do solo da bacia um valor de Fator C de literatura. Por fim, atribuído o valor 1 constante para o Fator P em toda a bacia, caracterizando o pior cenário de perda de solo para a região. Para avaliar a influência dos modelos digitais de elevação sobre a estimativa da perda de solo, foi realizada análise comparativa entre a produção de sedimento observada no exutório da bacia (SY) e aquela estimada pelo cálculo do SDR juntamente com a perda de solo calculada pela USLE.

Resultados e Discussão

A erosividade (Fator R) média calculada na bacia do Guariroba foi de $9.042,96 \pm 30,28 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. O valor médio é próximo da erosividade média encontrada para o Estado de Mato Grosso do Sul (Oliveira et al., 2012), classificada como “forte erosividade”, conforme Carvalho (2008). Quanto à erodibilidade do solo (Fator K), existem três tipos de solo na bacia: Latossolo Vermelho Distrófico, Neossolo Quartzarênico Hidromórfico e Neossolo Quartzarênico Órtico. Conforme Anache et al. (2014), os valores de K calculados para estes solos foi de $0,028 \text{ ton.h.MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}$ para o primeiro e $0,039 \text{ ton.h.MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}$ para os demais.

Foram observadas quatro classes com seus respectivos Fatores C, as quais representam a cobertura do solo na bacia: corpos d’água e áreas úmidas (0), florestas folhosas (0,001), vegetação arbustiva com árvores dispersas (0,002), e pastagem (0,01). Por se tratar de uma área agrícola, verifica-se a predominância da pastagem como cobertura do solo, apesar de ainda possuir 11,61% da área total coberta com vegetação densa ou folhosa.

Quanto ao fator topográfico (LS), o modelo ASTER GDEM gerou maior variabilidade nos valores calculados do fator em toda a bacia. Isso pode ser atribuído ao processo de obtenção dos dados pelo sensor. Uma vez que há grande diferença de elevação entre pixels próximos, é gerado maior gradiente, o que interfere diretamente sobre o Fator LS. Por outro lado, não verificamos o mesmo efeito sobre os demais modelos. Para estes, o valor médio de LS foram próximos e os maiores valores foram verificados somente nas proximidades dos corpos d’água, onde ocorre maior gradiente em curto comprimento de rampa.

O valor médio da perda de solo estimada na bacia foi de $4,35 \pm 5,85 \text{ ton.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ calculado com ASTER GDEM, $0,72 \pm 1,65 \text{ ton.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ com SRTM, $0,66 \pm 1,52 \text{ ton.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ para Bare-Earth SRTM e $0,69 \pm 2,15 \text{ ton.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ com o modelo IKONOS. Uma vez que os demais fatores são constantes para a bacia, o fator topográfico foi determinante para o resultado final da estimativa de perda de solo (Figura 1 e 2).

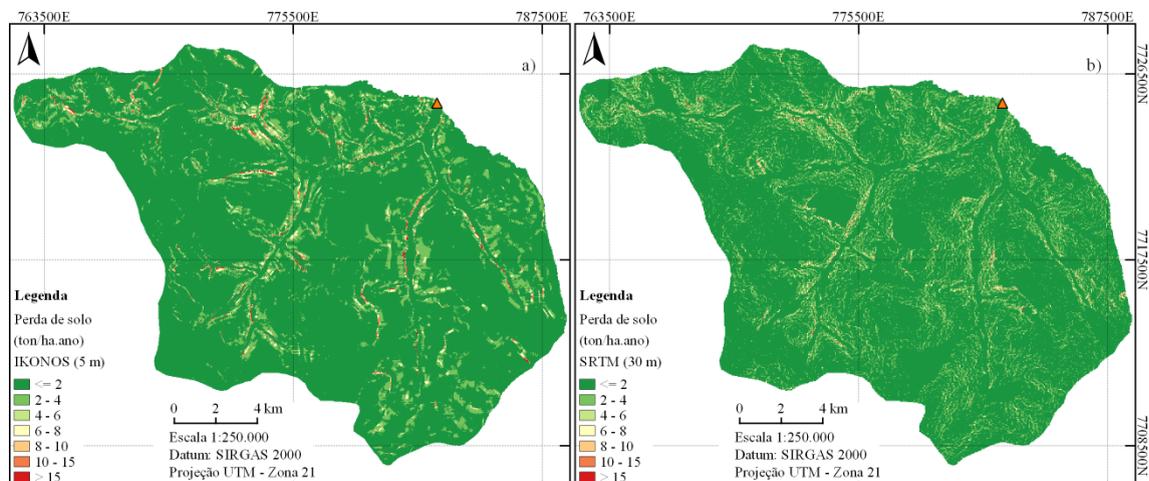


Figura 1 - Perda de solo para os diferentes MDE's: a) IKONOS; b) SRTM.

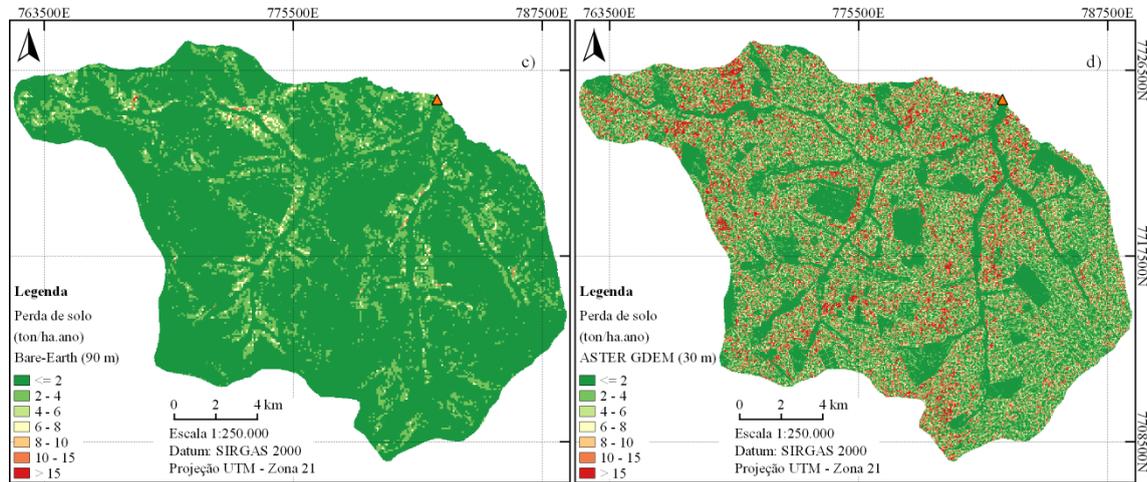


Figura 2 - Perda de solo para os diferentes MDE's: c) Bare-Earth SRTM; d) ASTER GDEM.

O SDR calculado para bacia foi 0,30, calculado por Boyce (1975), 0,10 por USDA (1972) e 0,23 por Vanoni (1975). A partir dos valores de SDR e da perda de solo estimada pela USLE calculamos a produção de sedimentos (SY) na bacia para cada MDE. Os dados observados são obtidos pelo monitoramento hidrossedimentológico realizado na bacia pelo Laboratório de Hidrologia, Erosão e Sedimento (HERoS/UFMS), que verificou que produção de sedimento é de 5.400 ton/ano.

Observamos uma diferença entre a produção de sedimento estimada e observada na bacia. Os dados simulados utilizando o modelo ASTER GDEM foram os menos satisfatórios, o que já era esperado desde o cálculo do Fator LS. Os desvios calculados entre o SY observado e simulado por este modelo foi de 656% (USDA), 140% (Boyce) e 479% (Vanoni). Desta forma, não se recomenda a utilização deste modelo para predição da perda de solo.

Em contrapartida, os demais modelos produziram valores de SY em níveis aceitáveis e não diferiram significativamente entre si. Entende-se que, por se tratar de região com pouca variabilidade de terreno, as resoluções estudadas foram capazes de representar com boa precisão as variações da superfície.

A partir do SDR calculado pela equação USDA (1975), o desvio médio foi de 20%, indicando que o mesmo superestimou a perda de solo observada. Quando utilizamos a equação de Vanoni (1975), o desvio médio foi de -8%, indicando que o mesmo subestimou os dados medidos. Destacamos que o modelo SRTM, com 30 metros de resolução espacial, obtido gratuitamente, subestimou o valor medido em apenas 4%. Segundo Pandey et al. (2007), é possível considerar com nível aceitável de acurácia o modelo que simula resultados com desvio de até 20%.

Conclusões

Neste trabalho avaliou-se a influência da resolução espacial de modelos digitais de elevação, adquiridos gratuitamente e comerciais, sobre a perda de solo estimada por meio da Equação Universal da Perda de Solo (USLE).

O MDE ASTER GDEM não é aplicável para estimativa da perda de solo, pois a representação da superfície não é acurada, o que agrega erro à estimativa, superestimando os resultados. Os modelos SRTM e Bare-Earth (gratuitos de baixa resolução) e IKONOS (comercial de alta resolução) representam bem a superfície e são recomendados para a utilização na estimativa da perda de solo. É uma vez que não houve acurácia destacadamente comprovada com o modelo IKONOS de 5 m, afirma-se que modelos digitais de elevação de média resolução, gratuitos, são aplicáveis neste tipo de estudo.

O fator que mais determinou a acurácia sobre a produção de sedimentos no exutório da bacia com relação aos dados observados se deu pela metodologia escolhida para o cálculo do Sediment Delivery Ratio (SDR). Desta forma, sugere-se a escolha da melhor metodologia, conforme as características da bacia, a fim de determinar qual modelo se adequa à bacia e permitirá o resultado mais acurado.

Referências bibliográficas

ANACHE, J. A.; BACCHI, CGV; ALVES SOBRINHO, T. (2014). Perdas de solo e produção de sedimentos em bacia hidrográfica: Uma abordagem distribuída. In: Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos.

BOYCE, R.C. "Sediment routing with sediment delivery ratios. In present and prospective technology for predicting sediment yields and sources, ARS-S-40, USDA-ARS, 1975.

LIU, H., KIESEL, J., HÖRMANN, G., & FOHRER, N. Effects of DEM horizontal resolution and methods on calculating the slope length factor in gently rolling landscapes. *Catena*, v. 87, n. 3, p. 368-375, 2011. doi:10.1016/j.catena.2011.07.003

OLIVEIRA, J. A., DOMINGUEZ, J. M. L., NEARING, M. A., OLIVEIRA, P. T. S. A GIS-based procedure for automatically

calculating soil loss from the Universal Soil Loss Equation: GISus-M. *Applied Engineering in Agriculture*, v.31, n.6, p. 907-917, 2015.

OLIVEIRA, P. T. S., OLIVEIRA, D. B. B., ALVES SOBRINHO, T., PANACHUKI, E., WENDLAND, E. Use of SRTM Data to calculate the (R)USLE topographic factor. *Acta Scientiarum. Technology*, 35, 507-513, 2013. doi: [10.4025/actascitechnol.v35i3.15792](https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v35i3.15792)

OLIVEIRA, P. T. S., RODRIGUES, D. B. B., ALVES SOBRINHO, T., CARVALHO, D. O., PANACHUKI, E. Spatial variability of the rainfall erosive potential in the Estate of Mato Grosso do Sul, Brazil. *Eng. Agríc., Jaboticabal*, v.32, n.1, p. 69-79, 2012.

OLIVEIRA, P. T. S.; WENDLAND, E.; NEARING, M. A. Rainfall erosivity in Brazil: A review. *Catena*, v. 100, p. 139-147, 2013.

PANDEY, A., CHOWDARY, V. M., MAL, B. C. Identification of critical erosion prone areas in the small agricultural watershed using USLE, GIS and remote sensing. *Water Resources Management*, 21(4), 729–746. 2007. doi:10.1007/s11269-006-9061-z

SHARPLEY, A. N., WILLIAMS, J. R. EPIC - Erosion/Productivity Impact Calculator: Model Documentation. U.S. Department of Agriculture Technical Bulletin, v.1768, 235p, 1990.

THOMPSON, J. A.; BELL, J. C.; BUTLER, Charles A. Digital elevation model resolution: effects on terrain attribute calculation and quantitative soil-landscape modeling. *Geoderma*, v. 100, n. 1, p. 67-89, 2001.

USDA. Sediment sources, yields, and delivery ratios. *National Engineering Handbook*, Section 3 Sedimentation, 1972.

VANONI, V. A. (ed) *Sedimentation Engineering. Manuals & Reports on Engineering Practice*, no. 54, ASCE, New York, USA, 1975.

WILSON, J. P.; LAM, C. S.; DENG, Y. Comparison of the performance of flow-routing algorithms used in GIS-based hydrologic analysis. *Hydrological processes*, v. 21, n. 8, p. 1026-1044, 2007.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. *Predicting Rainfall Erosion Losses—A Guide to Conservation Planning*. USDA Handbook 537 U.S. Government Printing Office, Washington, D.C, 1978.

ZHANG, H., YANG, Q., LI, R., LIU, Q., MOORE, D., HE, P., RITSEMA, C. J., GEISSEN, V., 2013. Extension of a GIS procedure for calculating the RUSLE equation LS factor. *Computers & Geosciences*, v.52, pp.177–188.