

## ANÁLISE DE SENSILIDADE DO MODELO GEOWEPP APLICADO À CONDIÇÃO DO SUL DO BRASIL

LAYANE CARMEM ARRUDA DA ROCHA<sup>1</sup>, MICHEL CASTRO MOREIRA<sup>2</sup>,  
WELLINGTON DE AZAMBUJA MAGALHÃES<sup>3</sup>, RICARDO SANTOS SILVA  
AMORIM<sup>4</sup>, DEMETRIUS DAVID DA SILVA<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Eng. de Biosistemas, Doutoranda em Eng. Agrícola, Depto. de Eng. Agrícola, UFV, Viçosa – MG, layane.rocha@ufv.br

<sup>2</sup>Eng. da Computação, Prof. Associado. Doutor, Depto. de Eng. Agrícola, UFV, Viçosa – MG, michelcm@ufv.br

<sup>3</sup>Eng. Agrônomo, Doutorado em Agricultura Tropical, Faculdade de Agronomia e Zootecnia, UFMT, Cuiabá - MT, wellingtonagro@gmail.com

<sup>4</sup>Eng. Agrônomo, Prof. Associado. Doutor, Depto. de Eng. Agrícola, UFV, Viçosa – MG, rsamorim@ufv.br

<sup>5</sup>Eng. Agrônomo, Prof. Titular. Doutor, Depto. de Eng. Agrícola, UFV, Viçosa – MG, demetrius@ufv.br

Apresentado no  
LI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2022  
27 a 29 de outubro de 2022 - Pelotas - RS, Brasil

**RESUMO:** O processo erosivo é intensificado ou reduzido conforme as alterações climáticas e de uso, ocupação e manejo do solo. Estudos apontam que a associação entre esses parâmetros ajuda a prever a perda de solo de forma eficaz, entretanto, é necessário avaliar os modelos a serem utilizados no que diz respeito à sensibilidade dos parâmetros de entrada. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a sensibilidade das estimativas de perda de solo, em relação aos fatores climáticos e de uso e ocupação da terra, utilizando a interface geoespacial do modelo Water Erosion Prediction Project (GeoWEPP). A área de estudo foi uma sub-bacia hidrográfica do Rio Grande do Sul. Como dados de entrada, foram utilizados bancos de dados disponibilizados por órgão brasileiros, como a EMBRAPA e ANA. A partir da análise dos resultados verificou-se que o GeoWEPP é sensível as condições de uso e ocupação do solo (24,8%) e dos dados climáticos (11,37%), podendo ser utilizado para estimativas futuras de perdas de solo, considerando as mudanças climáticas e as possíveis alterações do uso e ocupação do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** CONSERVAÇÃO DE SOLO, PERDA DE SOLO; USO E OCUPAÇÃO DA TERRA

### SENSITIVITY ANALYSIS OF THE GEOWEPP MODEL APPLIED TO THE CONDITION OF THE SOUTH OF THE BRAZIL

**ABSTRACT:** The erosion process is intensified or reduced according to climate change and the use, occupation and management of the soil. Studies indicate that the association between these parameters helps to predict soil loss effectively, however, it is necessary to evaluate the models to be used with regard to the sensitivity of the input parameters. Thus, the objective of this study was to evaluate the sensitivity of soil loss estimates, in relation to climatic factors and land use and occupation, using the geospatial interface of the Water Erosion Prediction Project (GeoWEPP) model. The study area was a hydrographic sub-basin of Rio Grande do Sul. As input data, databases made available by Brazilian bodies, such as EMBRAPA and ANA, were used. From the analysis of the results, it was verified that the GeoWEPP is sensitive to the conditions of use and occupation of the soil (24.8%) and climatic data (11.37%), and can be

used for future estimates of soil losses, considering climate change and the possible changes in land use and occupation.

**KEYWORDS:** SOIL CONSERVATION; SOIL LOSS; USE AND OCCUPATION

**INTRODUÇÃO:** A erosão do solo representa um dos mais importantes processos de degradação da terra no mundo e é considerada uma ameaça ao abastecimento de alimentos (LUETZENBURG et al., 2020). Diversos estudos mostram que o processo erosivo do solo e, conseqüentemente, a produção de sedimentos são muito influenciados pelas mudanças climáticas e pelo uso e manejo do solo (BORRELLI et al., 2017; VANWALLEGHEM et al., 2017; ZHANG et al., 2020), uma vez que, com o aumento da intensidade da precipitação, tende-se a aumentar o escoamento superficial e as taxas de erosão do solo (BOARDMAN, 2013; BURT et al., 2016; GALY; PEUCKER-EHRENBRINK; EGLINTON, 2015). Poucos estudos de modelagem, no entanto, abordam os efeitos em conjunto do solo (uso e ocupação) e dados climáticos (BELAY; MENGISTU, 2021) para as condições brasileiras, sendo ainda importante ressaltar que a sensibilidade dos parâmetros incrementados nos modelos de predição de perda de solo não é igual para todos os parâmetros (TEIXEIRA, 2017). Todavia, a análise de sensibilidade pode ser usada com diferentes propósitos, como para entender o comportamento do modelo em resposta a mudanças nos valores dos parâmetros, e assim, ajudar a identificar a otimização dos parâmetros do modelo no processo de calibração, parametrização e validação do modelo (WALSH et al., 1994; FERREIRA et al., 1995). Diversos modelos empíricos e físicos para a predição das perdas de solo têm sido utilizados para estimar os impactos das mudanças climáticas na erosão e qualidade do solo (KINNELL et al., 2018; ZARE et al., 2017; ZI et al., 2019). Dentre os modelos empíricos, tem-se a Equação Universal de Perda de Solo (USLE) (WISCHMEIER; SMITH, 1978), a Equação Universal de Perdas de Solo Modificada (MUSLE) (WILLIAMS, 1975) e a USLE Revisada (RUSLE) (RENARD et al., 1991), enquanto, dentre os modelos baseados em processos físicos, tem-se o Water Erosion Prediction Project (WEPP) (FLANAGAN; NEARING, 1995), o Limburg Soil Erosion Model (LISEM) (De ROO et al., 1996), o European Soil Erosion Model (EUROSEM) (MORGAN et al., 1998), o Geospatial interface for the Water Erosion Prediction Project (GeoWEPP) (RENSCHLER, 2003), o Soil and Water Assessment Tool (SWAT) (GASSMAN et al., 2007), o EROSION 2D/3D (SCHMIDT et al., 1997), entre outros. O modelo GeoWEPP (Geospatial Water Erosion Prediction Project) é uma interface geoespacial que combina o WEPP com o Sistema de Informação Geográfica ArcGIS ou QGIS (LUETZENBURG et al., 2020; NERIS et al., 2021). Com ele é possível considerar processos complexos, que interferem na perda de solo constituindo, assim, em uma ferramenta que pode auxiliar na tomada de decisão de estratégias de uso e manejo do solo que favoreçam a conservação do solo e da água em nível de bacias hidrográficas (RENSCHLER; ZHANG, 2020; REZA MEGHDADI, 2013). Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a sensibilidade das estimativas de perda de solo, em relação aos fatores climáticos e de uso e ocupação da terra, utilizando a interface geoespacial do modelo Water Erosion Prediction Project.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Foi utilizada como região de estudo a área de drenagem da estação fluviométrica 88177000 (UHE Seival – Sanga Funda Montante), localizada no Estado do Rio Grande do Sul, onde existe uma intensa atividade agrícola. O bioma da região é caracterizado como Pampa. Como é possível verificar na Figura 1, a bacia apresenta altitudes variando de 179 a 404 m, declividade, em sua maior parte, variando entre suave (0 - 3%) e levemente ondulada (8 -20%), sendo os solos predominantes os Chernossolo Ebânico e Argissolo Vermelho – Amarelo.

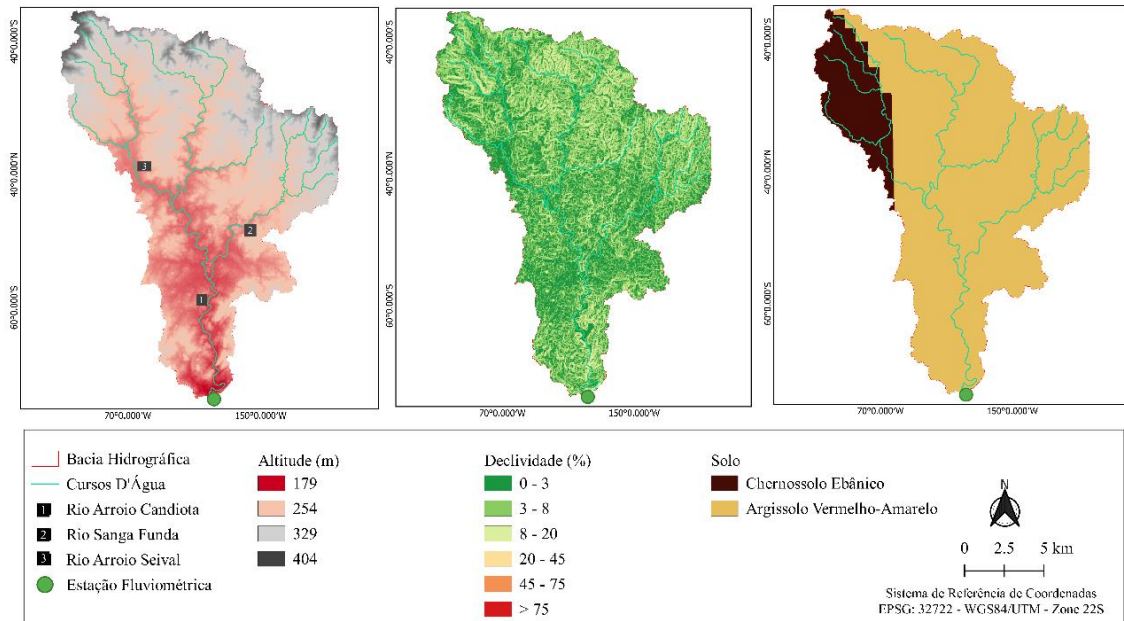


FIGURA 1. Altitude, declividade e solos predominantes na área de drenagem da estação fluviométrica 88177000.

A modelagem da perda de solo foi realizada utilizando-se o GeoWEPP. Para realização das simulações com o modelo, necessitou-se a da elaboração de arquivos de entrada de dados para os componentes de solo, clima, topográfico e uso e manejo do solo. Esses arquivos foram elaborados na interface do WEPP, onde os parâmetros dos solos foram obtidos no BDSOLOS (EMBRAPA, 2022), o de uso e ocupação no projeto MapBiomass (2019) (Figura 2), sendo os dados climáticos gerados pelo CLIGEN, versão 5.3.

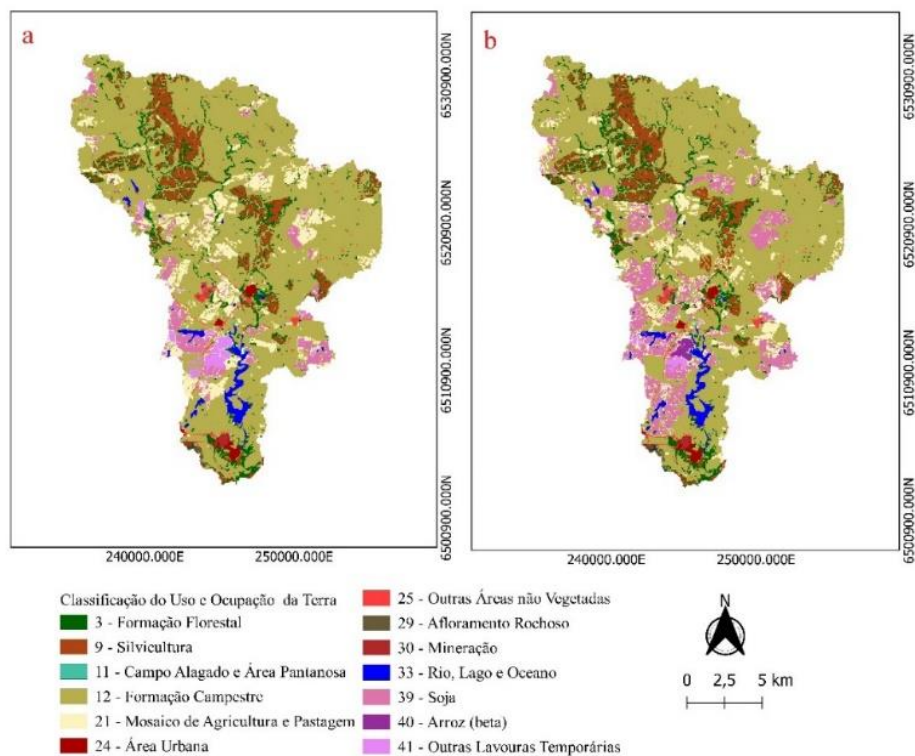


FIGURA 2. Uso e ocupação da terra da área em estudo nos anos de 2013 (a) e 2016 (b).

Foram utilizados dados climáticos referentes aos períodos de 2013 e 2016, obtidos da estação climatológica presente nas mediações da bacia, ou seja, localizada na região. Para o componente topográfico foi utilizado o modelo digital de elevação (MDE) da área em estudo, obtido a partir do projeto SRTM, onde o TOPAZ (ferramenta acoplada no GeoWEPP), gera automaticamente as sub-bacias e os perfis das encostas. De posse dos quatro arquivos necessários foi possível proceder a etapa de modelagem. As estimativas de perdas de solo foram repetidas quatro vezes, a fim de identificar a contribuição de cada parâmetro na perda de solo, seguindo os seguintes critérios: a) Ano: 2016/ Dados climáticos de 2016/ 2 solos/ Uso e ocupação (2016); b) Ano: 2013/ Dados climáticos de 2013/ 2 solos/ mesmo uso da modelagem “a”; c) Ano: 2016/ Dados climáticos de 2016/ 1 solo (Argissolo Vermelho- Amarelo)/mesmo uso da modelagem” a”; e d) Ano: 2016/ Dados climáticos de 2016/ 2 solos/ para todos os usos e ocupações foi atribuída a classificação Grass. Após as estimativas, foi realizada a análise de sensibilidade One-at-a-time (GALVÃO; LOBOSCO, 2020), sendo a partir possível determinar a sensibilidade de um parâmetro enquanto todos os outros são mantidos constantes.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Como resposta do modelo, foram elaborados mapas (Figura 3) representando as simulações realizadas. De posse tanto dos mapas, quanto dos arquivos txt, foi possível calcular a contribuição de cada fator para a perda de solo. Visualmente, já é possível observar uma diferença significativa, enquanto na Tabela 1 apresentam-se os resultados das perdas de solo considerando os fatores climáticos e do uso e ocupação do solo.

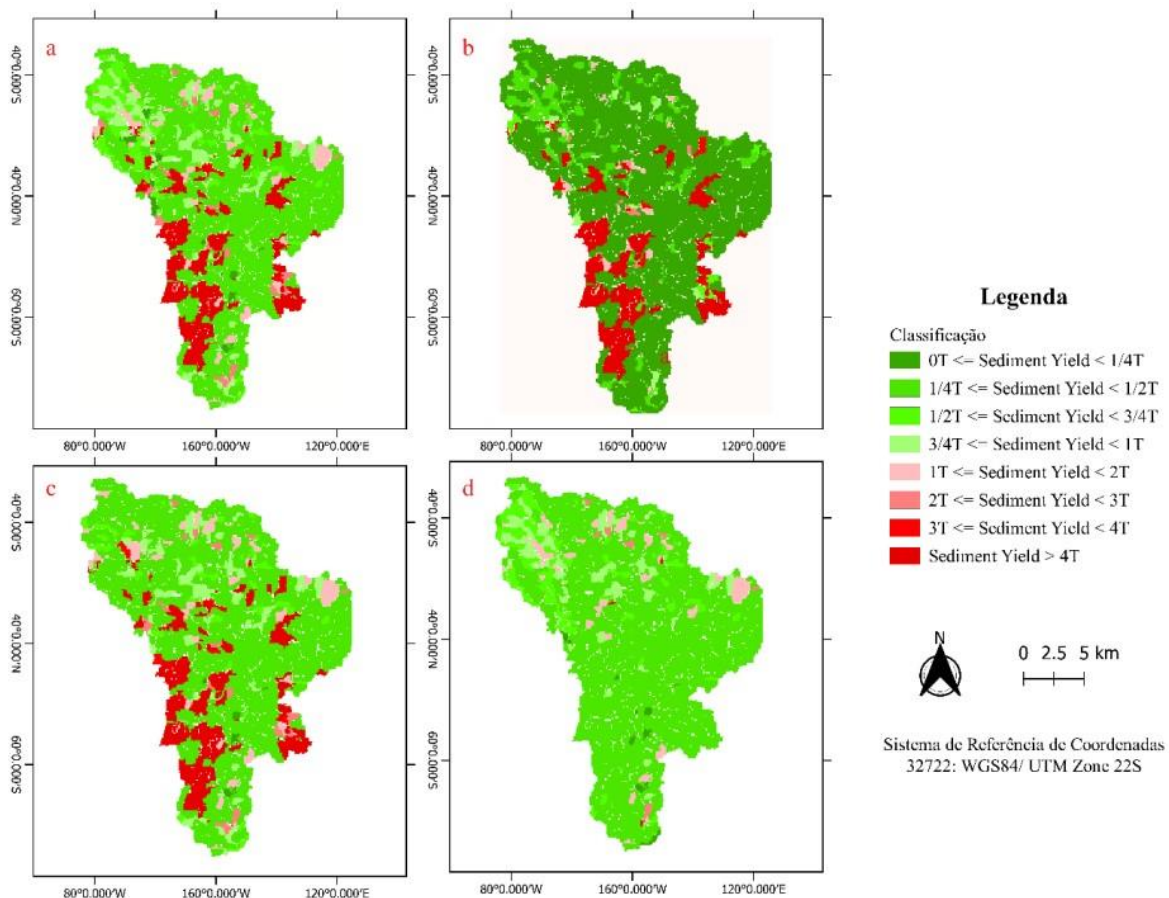


FIGURA 3. Perda de solo simulada para a área em estudo.

TABELA 1. Contribuição dos fatores climáticos e do uso e ocupação do solo no aporte de sedimentos

<b>Critério</b>	<b>Aporte de sedimento (t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>)</b>	<b>Sensibilidade (%)</b>
a	2.088,6	-
b	1,7	11,37
c	17,7	2,98
d	2,7	24,8

Verifica-se que o parâmetro que mais interferiu na modelagem foi o uso e ocupação do solo (24,8%), seguido pelos dados climáticos (11,37%). Os valores obtidos corroboram os de Luetzenburg et al. (2020), que demonstraram que a prática do preparo do solo e a precipitação são fatores determinantes para a erosão do solo. Em 2013 a precipitação média foi em torno de 1.175 mm e em 1.401 mm. Conforme Pal; Chakraborty (2019) a precipitação é uma das importantes variáveis dominantes que determina a tendências de perdas de solo, uma vez que, a energia cinética produzida pelas gotas da chuva acarreta na liberação de partículas de solo, contribuindo para a compactação do solo por amortecimento, destruindo a estabilidade estrutural dos solos, facilitando assim, a mobilização das partículas de solo por meio do escoamento superficial (HOLZ et al., 2015; NEHAI et al., 2021). Sobre a diferença observada entre os valores obtidos quando se alterou a classificação do solo, nota-se a importância de ser ter parâmetros reais das áreas em estudo. Como a classificação do solo, não muda no processo de modelagem, então é necessário avaliar cada detalhe inserido no modelo, no que diz respeito a classificação do solo.

**CONCLUSÕES:** O GeoWEPP é um modelo sensível as variações climáticas, logo é possível utiliza-lo para estimativas futuras de perdas de solo, considerando as varrições climáticas e as possíveis mudanças no uso e ocupação da terra. Todavia, é necessário calibrar e validar o modelo para as distintas condições edafoclimáticas brasileiras.

**AGRADECIMENTOS:** O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

#### **REFERÊNCIAS:**

- BELAY, Tatek; MENGISTU, Daniel Ayalew. Impacts of land use/land cover and climate changes on soil erosion in Muga watershed, Upper Blue Nile basin (Abay), Ethiopia. **Ecological Processes**, v. 10, n. 1, 2021.
- BOARDMAN, John. Soil erosion in britain: Updating the record. **Agriculture (Switzerland)**, v. 3, n. 3, p. 418–442, 2013.
- BORRELLI, Pasquale et al. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. **Nature Communications**, v. 8, n. 1, 2017.
- BURT, Tim et al. More rain, less soil: Long-term changes in rainfall intensity with climate change. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 41, n. 4, p. 563–566, 2016.
- DE ROO, Ad A. P. J.; WESSELING, C.G.; JETTEN, V. G.; RITSEMA, Coen. LISEM: A physically-based hydrological and soil erosion model incorporated in a GIS. In: K. Kovar & H.P. Nachtnebel (eds.), **Application of geographic information systems in hydrology and**

**water resources management.** Wallingford (UK), IAHS, 1996. IAHS Publ. 235, pp. 395-403, 1996.

EMBRAPA. Banco de Dados de Solos - BD Solos. Disponível em: <[https://www.bdsolos.cnptia.embrapa.br/consulta\\_publica.html](https://www.bdsolos.cnptia.embrapa.br/consulta_publica.html)>.

FERREIRA, V. A.; WEESIES, G. A.; YODER, D. C.; FOSTER, G. R.; RENARD, K. G. The site and condition specific nature of sensitivity analysis. **J. Soil Water Conserv.**, V. 50, p. 493-497, 1995.

FLANAGAN, D. C.; NEARING, M. A. USDA Water Erosion Prediction Project hillslope and watershed model documentation. **NSERL Report** , n. 10., West Lafayette, Ind.: USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory, 1995.

GALY, Valier; PEUCKER-EHRENBRINK, Bernhard; EGLINTON, Timothy. Global carbon export from the terrestrial biosphere controlled by erosion. **Nature**, v. 521, n. 7551, p. 204–207, 2015.

GALVÃO, M. F.; LOBOSCO, M. A system for the automation of one-at-a-time sensitivity analysis in ode systems. **Revista Mundi, Engenharia e Gestão. Paranaguá**, v. 5, n. 2, 2020.

GASSMAN, P. W.; REYES, M.R.; GREEN, C. H.; ARNOLD, J. G. The Soil and Water Assessment Tool: Historical Development, Applications, and Future Research Directions. **Transactions of the ASABE**, v. 50, n. 4, p. 1211-1250, 2007.

HOLZ, D. J.; WILLIARD, K. W. J.; EDWARDS, P. J.; SCHOONOVER, J. E. Soil erosion in humid regions: a review. **J. Contemp. Water Res. Educ.**, v. 154, n. 1, p. 48-59, 2015.

LUETZENBURG, Gregor et al. Climate and land use change effects on soil erosion in two small agricultural catchment systems Fugnitz – Austria, Can Revull – Spain. **Science of the Total Environment**, v. 704, p. 135389, 2020.

MAPBIOMAS. Coleção 6. 2022. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/>>.

MORGAN, R.P.C.; QUINTON, JOHN; SMITH, R.E.; GOVERS, G.; POESEN, J.; AUERSWALD, K.; CHISCI, G.; TORRI, D.; STYCZEN, Merete; FOLLY, A.J.V. The European Soil Erosion Model (EUROSEM): **documentation and user guide**, 1998.

NEHAI, Soumeya Atika; GUETTOUCHE, Mohamed Saïd; SAADOUD, Djouher. Regional modeling of soil sensitivity to water erosion in JIJEL region (Algeria) using MCA and GIS. **Applied Geomatics**, v. 13, n. 1, p. 55–70, 2021.

NERIS, J. et al. Designing tools to predict and mitigate impacts on water quality following the Australian 2019/2020 wildfires: Insights from Sydney's largest water supply catchment. **Integr Environ Assess Manag**, p. 1-11, 2021.

PAL, Subodh Chandra; CHAKRABORTTY, Rabin. Simulating the impact of climate change on soil erosion in sub-tropical monsoon dominated watershed based on RUSLE, SCS runoff and MIROC5 climatic model. **Advances in Space Research**, v. 64, n. 2, p. 352–377, 2019.

RENARD, K.G.; FOSTER, G.R.; WEESIES, G.A.; MCCOOL, D. K. **Predicting soil erosion by water – A guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE)**. Washington, USDA-ARS, 1991.

RENSCHLER, C. S. Designing geo-spatial interfaces to scale process modes: the GeoWEPP approach. **Hydrological Processes**, v. 17, n. 5, p. 1005–1017, 2003.

RENSCHLER, C. S.; ZHANG, H. Long-term, process-based, continuous simulations for a cluster of six smaller, nested rangeland watersheds near Tombstone, AZ (USA): Establishing

a baseline for event-based runoff and sediment yields. **Science of the Total Environment**, v. 717, p. 137089, 2020.

REZA MEGHDADI, A. Identification of effective best management practices in sediment yield diminution using GeoWEPP: The Kasilian watershed case study. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 185, n. 12, p. 9803–9817, 2013.

SCHMIDT, J.; WERNER, M. V.; MICHAEL, A.; SCHMIDT, W. EROSION 2D/3D– Ein Computermodell zur Simulation der Bodenerosion durch Wasser. **Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft**, 1997.

TEIXEIRA, Laíza Fernanda Curti. **Análise de sensibilidade de parâmetros do modelo hidrológico swat em função de diferentes características de bacias hidrográficas**. 2017. 131 f. - Universidade Federal do Espírito Santo, 2017.

VANWALLEGHEM, T. et al. Impact of historical land use and soil management change on soil erosion and agricultural sustainability during the Anthropocene. **Anthropocene**, v. 17, p. 13–29, 2017.

WALSH, S.; BROWN, J.; BIAN, D.G.; ALLEN, T.R. **Effects of spatial scale on data certainty: an assessment through data dependency and sensitivity analyses**. Proceedings of 1st international symposium on the spatial accuracy of natural resource databases Williamsburg, Virginia, 1994.

WILLIAMS, J. R. **Sediment yield prediction with universal equation using runoff energy factor. In: Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources**. USDA-ARS Handbook S-40, p. 118-124, 1975.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting Rainfall Erosion Losses: a Guide to Conservation Planning**. Washington, USDA, 58p. (Agricultural Handbook, 537), 1978.

ZHANG, Feng et al. Wind Erosion Climate Change in Northern China During 1981–2016. **International Journal of Disaster Risk Science**, v. 11, n. 4, p. 484–496, 2020.