



## **Distribuição espacial da erosividade da chuva anual na bacia hidrográfica do rio Guandu, ES**

**Dimaghi Schwamback<sup>1</sup>, Luana Lavagnoli Moreira<sup>2</sup>, Huiner Araújo<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade de São Paulo (dimaghis@gmail.com)

<sup>2</sup>Instituto Jones dos Santos Neves (lavagnoliluana@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal do Espírito Santo (huiner.huiner@gmail.com)

### **Resumo**

A erosividade da chuva, uma das variáveis que compõem a Equação Universal de Perda de Solo, tem sido amplamente utilizada pelo mundo para identificação do poder potencial de erosão causada por um evento de precipitação. Entretanto, a escassez de dados que descrevam a energia cinética e a intensidade da chuva devido ao limitado número de estações pluviométricas em diversos países, assim como no Brasil, é uma realidade que tem sido empecilho para avanços da aplicação desse método. Neste estudo, a erosividade para a bacia do rio Guandu, localizada na porção noroeste do estado do Espírito Santo, foi estimada através do método de Fournier com a adaptação de inserção de coeficientes regionalizados. Já o processo de espacialização foi realizado através do uso da krigagem. Os altos índices de erosividade obtidos para a região, variando entre 7.297 e 8.948 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, confirmam a alta susceptibilidade à ocorrência de processos erosivos na região, sendo assim fundamental a adoção de práticas para conservação do solo e água. A técnica utilizada mostrou-se promissora e eficiente para o mapeamento do potencial de erosividade em escala regional, facilitando a identificação de áreas que merecem atenção em caráter emergencial.

Palavras-chave: Equação universal de perda de solo revisada. Krigagem. Precipitação.

Área Temática: Recursos Hídricos.

## **Determination and spatialization of annual mean erosivity of the Guandu basin, ES**

### **Abstract**

*Rain erosivity, one of the variables that compose the Universal Soil Loss Equation, has been widely used to identify the potential erosion power caused by a precipitation event. However, the scarcity of data describing the kinetic energy and the rain intensity, caused by the limited number of rainfall stations in several countries, as well as in Brazil, is a reality that has been an obstacle for the progress in the application of this method. In this study, the erosivity for Guandu River basin, located in the northwest portion of the state of Espírito Santo, was estimated using the Fournier method with the adaptation of regionalized coefficients. The high erosivity indexes for the region, varying from 7,997 to 8,948 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, confirm a high susceptibility to the occurrence of erosive processes in the region, therefore, fundamental to adopt water and soil conservation practices. The spatialization process were showed to be promising and efficient for the mapping of the potential of erosivity on a regional scale, facilitating the identification of areas that would require emergency attention.*

*Key words: Revised universal soil loss equation. Kriging. Precipitation.*

*Theme Area: Water Resources.*



## 1 Introdução

A erosão é um processo geológico de desbastamento de um determinado tipo de solo ou terreno como resultado da ação de agentes erosivos. Quando esse processo é ocasionado pela ação da chuva ou escoamento superficial, é caracterizado como erosão hídrica (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005). Ao fator ou capacidade medida da intensidade desses agentes em promover a erosão é dado o nome de erosividade ou potencial erosivo (WINGE et al., 2018).

A perda de solo está diretamente relacionada a erosividade da chuva, uma vez que o processo erosivo também é decorrente do impacto das gotas de chuva que, ao colidirem ao solo, desassociam partículas e lançam o material para os arredores. Ou seja, a intensidade da chuva, o tamanho e a velocidade da gota determinam o seu poder de desagregação do solo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005). A quantificação desse fator é, portanto, dada em termos de energia, àquela produzida pelo impacto das gotas, associada à taxa de arraste do solo, consequência do escoamento superficial (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

Um método indireto para determinar a erosividade é o método de Fournier (1956), o qual corresponde à razão do quadrado da pluviosidade mensal e a pluviosidade anual (mm) registrada no período de análise hidrológica. Esse método foi proposto inicialmente por Arnoldus (1980), apresentado por Ferro et al. (1991) e confirmado por Kouli et al. (2009) como alternativa apropriada para correlação entre erosão e pluviosidade.

A espacialização de variáveis hidrossedimentológica, como o potencial erosivo da chuva, representa uma ferramenta indispensável ao planejamento e gestão dos recursos hídricos. Nesse sentido, há uma série de estudos desenvolvidos com enfoque em mapear a erosividade da chuva, destacando-se os trabalhos de Arai et al. (2010), Silva et al. (2010), Martins et al. (2010), Mello et al. (2012) e Oliveira et al. (2015).

Dessa forma, o presente estudo faz uso do método de Fournier com a adaptação de inserção de coeficientes regionalizados para determinar a erosividade média anual da bacia do rio Guandu, localizada na região noroeste do Estado do Espírito Santo.

## 2 Metodologia

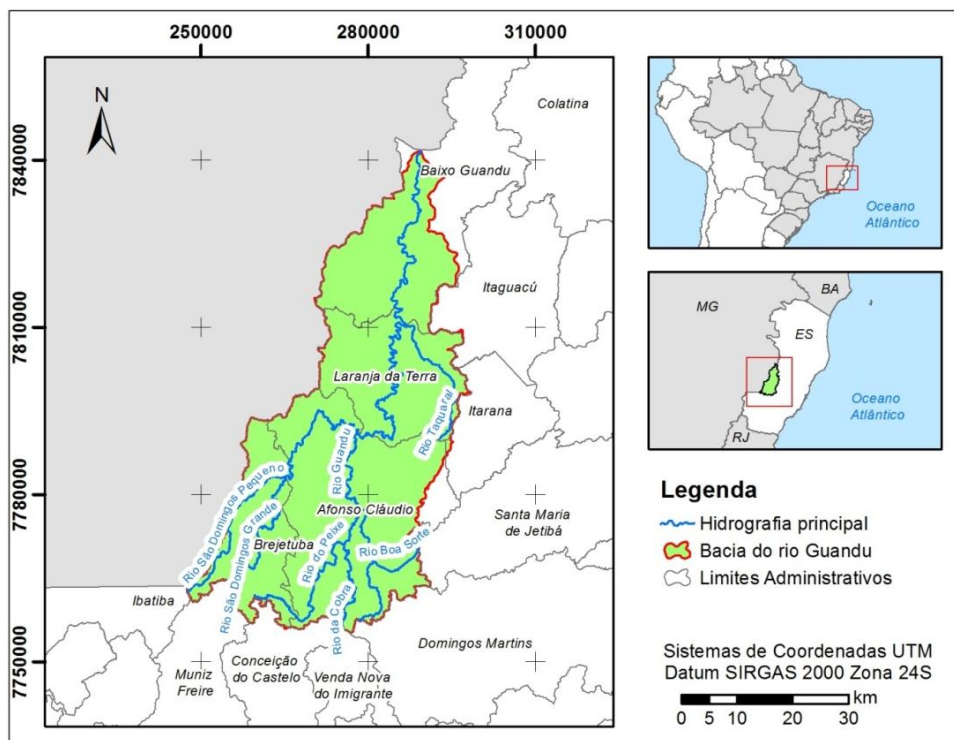
### 2.1 Área de Estudo

A bacia hidrográfica do rio Guandu, localizada na porção noroeste do estado do Espírito Santo, ocupa uma área de 2.148 km<sup>2</sup>. Abrange os municípios de Afonso Cláudio, Baixo Guandu, Brejetuba, Laranja da Terra, Itaguaçu e Itarana (Figura 1).

O rio Guandu, curso d'água principal que dá nome a bacia, nasce na região serrana do município de Afonso Cláudio, possui uma vazão média de 42,1 m<sup>3</sup>/s e percorre uma extensão de 160 quilômetros até desaguar no rio Doce, no município de Baixo Guandu. Além do Rio Guandu, a bacia é composta pelos rios afluentes São Domingos, do Peixe, Boa Sorte e Taquaral e por outros córregos, tais como o Queixadão, Olofote e Goiabal (IGAM, 2010).



Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Guandu, ES.



## 2.2 Determinação da erosividade da chuva

A erosividade da chuva anual foi calculada a partir do índice de Fournier modificado (MFI), conforme Equações 1 e 2, o qual Ferro et al. (1991), Kouli et al. (2009) e Aiello (2015) consideram como apropriado, pois resulta em boa correlação com a erosão do solo.

$$R = 129,39.MFI^{0,7982} \quad (1)$$

$$MFI = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{12} \frac{P_{ij}^2}{P_j} \quad (2)$$

Onde:

R = erosividade média anual (MJ.mm. ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>);

MFI : Índice de Fournier modificado (mm);

P<sub>ij</sub>: Precipitação total mensal (mm);

P<sub>j</sub>: Precipitação total anual (mm);

N: Número de anos da série histórica.

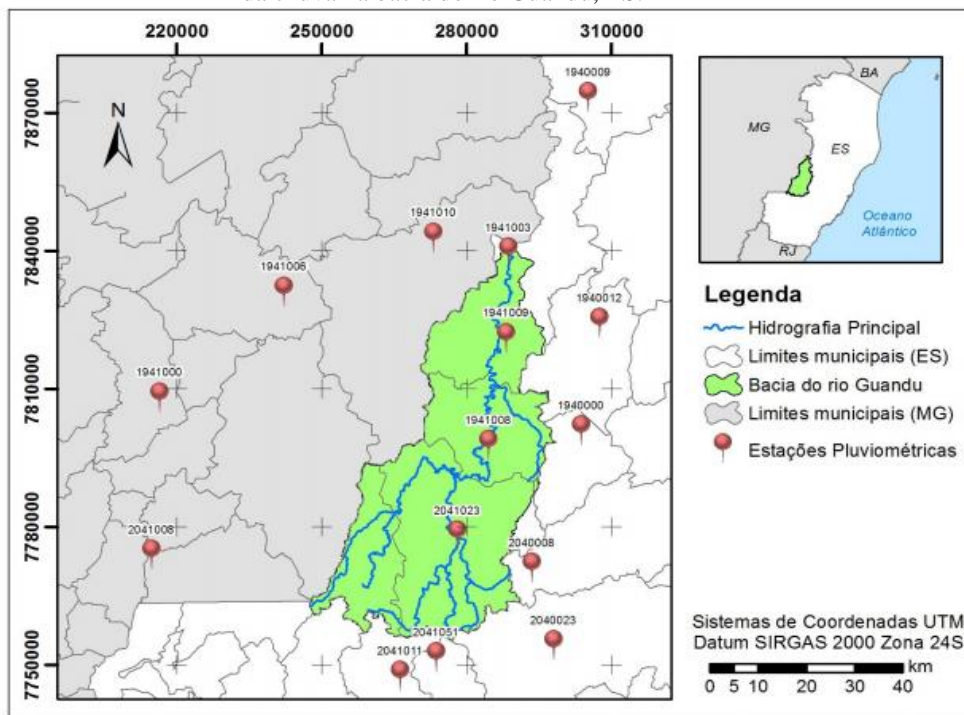
Os coeficientes utilizados na equação de Fournier (Equação 2) foram obtidos a partir de nove estações pluviográficas e pluviométricas com séries históricas entre 16 e 67 anos, situados ao longo de 42 municípios da bacia do rio Doce (macro bacia do rio Guandu), fruto de pesquisa publicada por Oliveira et al. (2009).

Na Figura 2 é apresentada a distribuição espacial das estações pluviométricas aplicadas ao estudo da erosividade da chuva, cujos dados foram extraídos do Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (HIDROWEB/ANA). Foram selecionadas estações inseridas dentro da bacia hidrográfica do rio Guandu e proximidades, que apresentavam dados contínuos ao longo de no mínimo 20 anos. Esclarece-se que o uso de



estações próximas à bacia é necessário para o processo de krigagem o qual criará um polígono unindo as estações de forma a permitir cobrir toda a bacia.

Figura 2 – Distribuição espacial das estações pluviométricas empregadas na estimativa da erosividade da chuva na bacia do rio Guandu, ES.



### 2.3 Espacialização da erosividade da chuva

De posse das coordenadas geográficas, os índices pluviométricos e erosividade foram interpolados por meio da ferramenta krigagem e posteriormente convertidos para o formato raster com uso do ArcGIS, um ambiente de sistema de informações geográficas (SIG).

De forma complementar foram levantadas informações espacializadas quanto ao uso e ocupação do solo na bacia do rio Guandu por meio do estudo promovido pelo Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos em 2007/2008. Dessa forma, foi possível confrontar esses dados com a localização das regiões de maior susceptibilidade à perda de solo (maiores valores de erosividade).

## 3 Resultados e Discussão

Com aplicação dos dados pluviométricos às equações 1 e 2, foi identificada a erosividade anual de cada uma das estações pluviométricas, conforme ilustrado pelos gráficos da Figura 3, aos quais variaram entre  $7.297$  e  $8.948 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ , por sua vez, a pluviosidade variou entre 770 a 1297 mm.

Na Figura 4 são especializados os usos do solo na bacia do rio Guandu, sendo a pastagem predominante, cobrindo cerca de 40,0% da área da bacia. A segunda tipologia vegetal de maior relevância é a vegetação nativa que, apesar de bastante fragmentada, ainda cobre 35,6% da área.



Figura 3 – Pluviosidade e erosividade anuais das estações pluviométricas selecionadas.

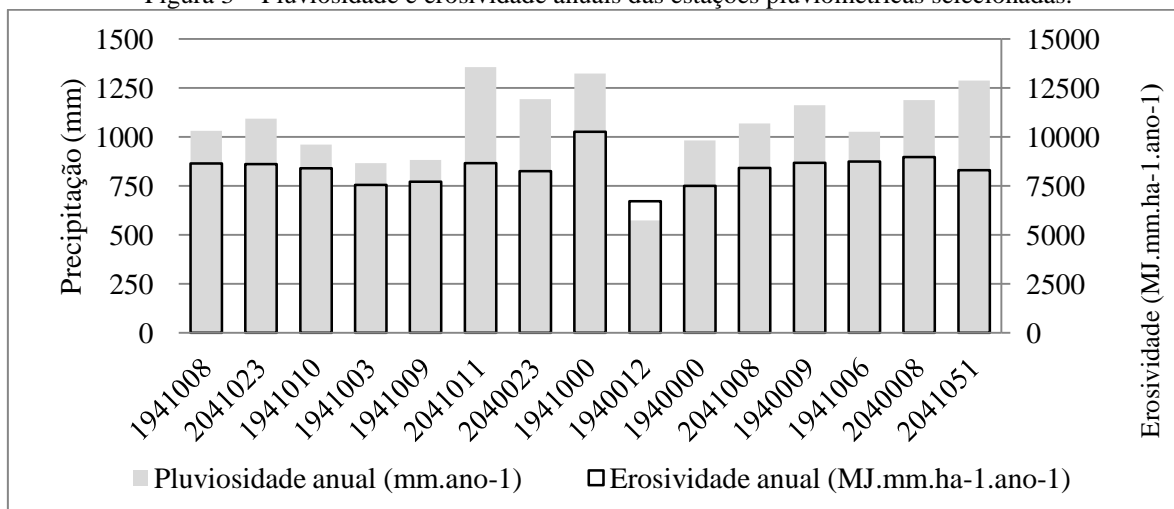
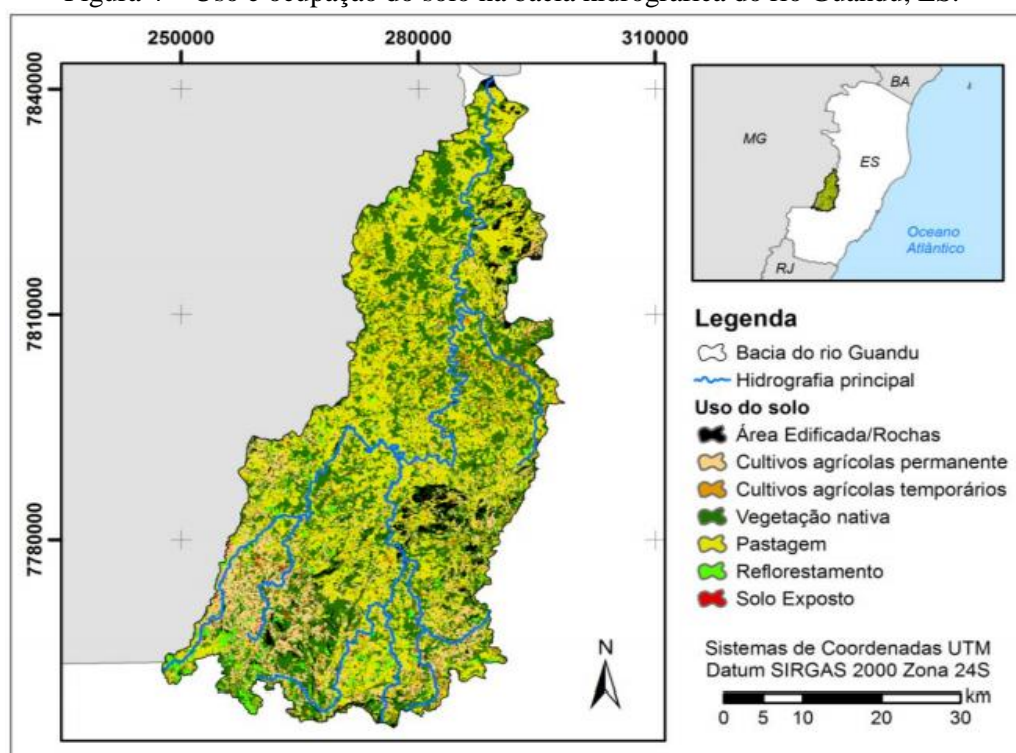


Figura 4 – Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Guandu, ES.



Observa-se, por meio da Figura 5, que a maior parte da bacia apresenta valores de erosividade anual superiores a  $7.357 \text{ MJ.ha}^{-1}.\text{mm.ano}^{-1}$ . Essa constatação permite enquadrar a região, predominantemente, como tendo forte potencial erosivo, segundo Carvalho (1994).

A partir da distribuição da erosividade da chuva, notam-se valores mais acentuados nas laterais leste e oeste da bacia hidrográfica do rio Guandu, claramente influenciada pela maior concentração de chuvas orográficas ocasionadas pela elevada altitude, as quais resultam em chuvas de maior intensidade.

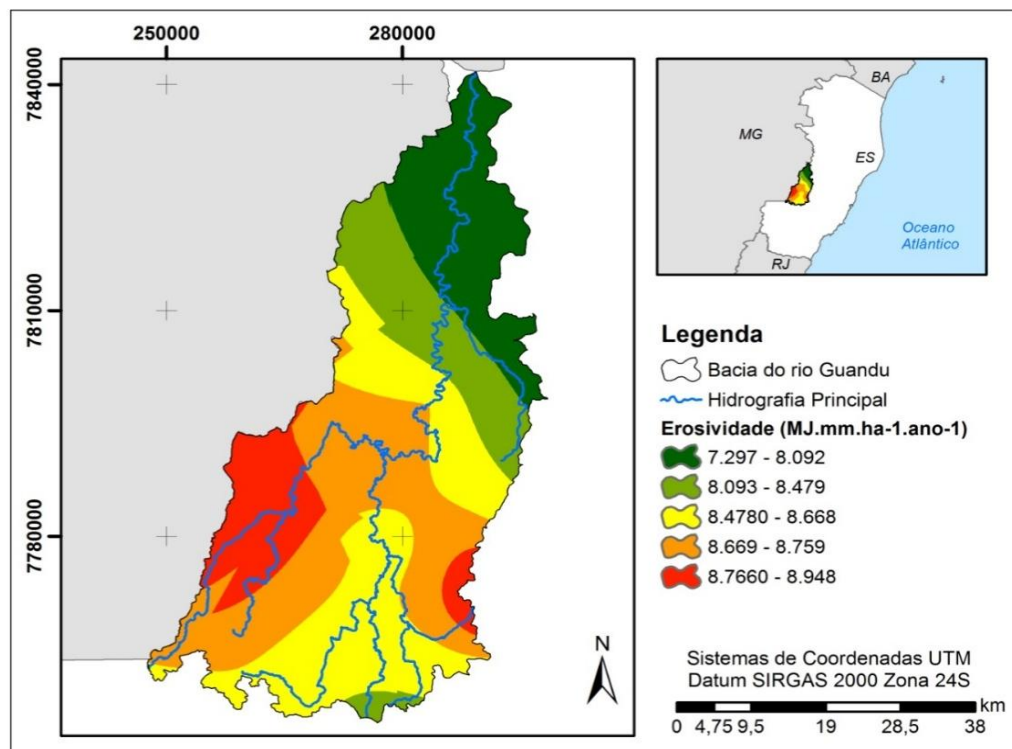
Confrontando os dados das Figuras 4 e 5, nota-se que as regiões com maiores índices de erosividade (laterais leste e oeste da bacia) apresentam como uso de solo predominante cultivos agrícolas, denotando a importância quanto ao manejo agrícola praticado. Obviamente





tal fato não exclui as grandes áreas de pastagens que predominam em toda bacia, que por sua vez, encontram-se em áreas com elevados valores de erosividade.

Figura 5 – Erosividade da chuva na bacia hidrográfica do rio Guandu.



Silva et al. (2010) realizou um trabalho de levantamento de séries históricas entre 33 e 72 anos de 55 postos pluviométricos no estado do Espírito Santo, com os quais conseguiu realizar, com o uso do método proposto por Bertoni & Lombardi Neto (1990) e técnicas de geoprocessamento, o cálculo da erosividade. Neste estudo, foi identificado que a erosividade estadual anual variou entre 5.665 e 6.813 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>.

Semelhantemente, Ribeiro (2012) utilizou a metodologia de proposta por Bertoni & Lombardi Neto (1990) para determinação da erosividade, sendo a bacia hidrográfica do rio Guandu um de seus estudos de caso. Com a seleção de sete postos pluviométricos de séries históricas mínimas de 64 anos, foi identificado que a erosividade para esta região variou entre 5.220 e 6.986 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>.

A diferença entre os valores obtidos por Ribeiro (2012) e Silva et al. (2010) com os do presente trabalho são atribuídos ao diferente processo metodológico empregado, ao qual faz uso da equação obtida por Oliveira et al (2009), específica para a região do vale do rio Doce, em detrimento da equação citada por Bertoni & Lombardi Neto (1990), desenvolvida para o estado de São Paulo.

#### 4 Conclusão

Os altos índices de erosividade obtidos para a região, variando entre 7.297 e 8.948 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, confirmam a alta susceptibilidade à ocorrência de processos erosivos na região, sendo assim fundamental a adoção de práticas para conservação do solo e água, tais como proteção da vegetação nativa (mata atlântica), terraceamento e plantio em curvas de nível.



A técnica de espacialização, disponível por meio do software de geoprocessamento, associado à interpolação dos dados por intermédio da krigagem mostraram-se promissoras e eficientes para o mapeamento do potencial de erosividade em escala regional, facilitando a identificação de áreas deficitárias de atenção em caráter emergencial.

É fundamental o monitoramento dos recursos hídricos para obtenção de dados de entrada para as equações existentes, bem como o desenvolvimento de novas equações que reflitam a realidade regional e local, visto que como apresentado, diferentes metodologias podem resultar em diferentes resultados.

## Referências

AIELLO, A.; ADAMO, M.; CANORA, F. “*Remote Sensing and GIS to Assess Soil Erosion with RUSLE3D and USPED at River Basin Scale in Southern Italy*”. **Catena**, v. 131, 2015, pg. 174-158.

ARAI, F.; GONÇALVES, G.; PEREIRA, S.; COMUNELLO, E.; VITORINO, A.; DANIEL, O. “*Rainfall and erosion spacializationin Dourados River Basin, MS, Brazil*”. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.5, 2010, pg. 922-931.

ARNOLDUS, H. M. J. An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. **In: ASSESSMENT OF EROSION** (ed. by M. De Boodt & D. Gabriels), Wiley, Chichester, UK: 1980, pg. 127-132.

BERTONI, J.; LOMBARD NETO, F.L. **Conservação do solo**. São Paulo. Ed. Ícone, 1990.

BERTONI, J.; LOMBARD NETO, F.L. **Conservação do solo**. São Paulo. Ed. Ícone, 2005. 5ª ed. p. 355.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994. 372 p.

FERRO, V.; GIORDANO, G.; IOVINO, M. “*Isoerosivity and erosion risk map for Sicily*”. **Hydrology Science Journal**, v. 36, 1991, pg. 549–564.

FOURNIER, F. The effect of climatic factors on soil erosion estimates of solids transported in suspension in runoff. **Association Hydrologic Int. Public**. v.38. 6p, 1956.

IGAM - INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (Org.). **Plano de ação de recursos hídricos da unidade de análise guandu - PARH Guandu**. Belo Horizonte, 2010. 88 p.

KOULI, M.; SOUPIO, P.; VALLIANATOS, F. “*Soil erosion prediction using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in a GIS framework, Chania, Northwestern Crete, Greece*”. **Environmental Geology**, v. 57, n. 3, 2009, pg.483-497.

MARTINS, S. G., AVANZI, J. C., SILVA, M. L. N., CURI, N., NORTON, L. D., FONSECA, S. “*Rainfallerosivity and rainfall return period in the experimental watershed of Aracruz, inthe coastal plain of Espirito Santo, Brazil*”. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, 2010, pg. 999-1004



MELLO, C. R.; VIOLA, M. R.; CURI, N.; SILVA, A. M.. *"Distribuição espacial da precipitação e da erosividade da chuva mensal e anual no estado do Espírito Santo"*. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 36, 2012, p.1878-1891.

OLIVEIRA, F.P.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; SILVA, M.A. & MELLO, C.R. *"Potencial erosivo da chuva no Vale do Rio Doce, região Centro-Leste do Estado de Minas Gerais - primeira aproximação"*. **Ciência e Agrotecnologia**, n. 33, 2009, pg. 1569-1577.

OLIVEIRA, J. P. B.; CECÍLIO, R. AVELINO; PRUSKI, F. F.; ZANETTI, S. S. Espacialização da erosividade das chuvas no Brasil a partir de séries sintéticas de precipitação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.10, n.4, 2015, p.558-563.

RIBEIRO, A. P. **Aperfeiçoamento do emprego da equação universal de perda de solo na aplicação do pagamento por serviços ambientais da política Espírito-Santense de recursos hídricos**. 2012. 166 f. Dissertação Mestrado em Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.

SILVA, S.; LIMA, S.; SOUZA, G.; OLIVEIRA, R. *"Variabilidade espacial do potencial erosivo das chuvas para o estado do Espírito Santo, Brasil"*. **Irriga**, v. 15, n. 3, 2010, pg. 312-323.

SILVA, M. A.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SANTOS, G. R.; MARQUES, J. J. G. M.; MENEZES, M. D.; LEITE, F. P. *"Avaliação e espacialização da erosividade da chuva no Vale do Rio Doce, região centro-leste do Estado de Minas Gerais"*. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, vol.34, n.4, 2010, pg.1029-1039.

WINGE, M. *et. al.* 2001 - 2018. **Glossário Geológico Ilustrado**. Acesso em: 09 jan. 2018. Disponível: <http://sigep.cprm.gov.br/glossario>.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning**. [s. L.]: U.S. Department Of Agriculture, 1978. 67 p. (Agriculture Handbook nº 537).