

MAPEAMENTO DA EROÇÃO POTENCIAL DOS CULTIVOS DE CAFÉ NA SUB-BACIA DO CÓRREGO PARAÍSO, NO MUNICÍPIO DE MUNIZ FREIRE, ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Caio Henrique Ungarato Fiorese²; Herbert Torres³

¹ Trabalho financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Espírito Santo – FAPES

² Graduando em Engenharia Ambiental, Centro Universitário São Camilo, Cachoeiro de Itapemirim-ES, caiofiorese@hotmail.com

³ Pesquisador, MSc, Centro Universitário São Camilo, Cachoeiro de Itapemirim-ES, herberttorres@saocamilo-es.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar e mapear a erosão potencial e o fator topográfico dos cultivos de café da sub-bacia hidrográfica do Córrego Paraíso (BHCP), no município de Muniz Freire (ES), como forma de subsidiar melhorias na área abrangida. Os procedimentos ocorreram no programa ArcGis®, considerando como bases cartográficas digitais o GEOBASES e a Agência Nacional de Águas. A BHCP foi delimitada, inicialmente. A estimativa da erosão potencial considerou a Equação Universal de Perda de Solos, por meio da obtenção de: fator topográfico, fator erodibilidade (obtido na literatura) para cada tipo de solo na região e fator erosividade (baseado na série histórica pluviométrica de Muniz Freire (ES)). A erosão potencial foi mapeada e classificada para somente os cultivos de café que, por sua vez, foram demarcados através da edição de um arquivo de uso e ocupação das terras locais. A maior parte das áreas de café está vulnerável a intensidades de erosão que vão de moderado a muito forte e a maior classe de intensidade é a forte (44,56%), ao passo que apenas 3,47% do espaço ocupado foi classificado com intensidade “fraca” a “moderada”. Esses dados indicam uma preocupação quanto ao planejamento do uso e ocupação da cafeicultura local diante das adversidades que as próprias condições físicas do espaço ocupado pelos cafezais impõem. Há, portanto, necessidade de um manejo correto das terras locais, além de práticas conservacionistas na agricultura e trabalhos de assistência técnica aos agricultores para um melhor planejamento da BHCP.

PALAVRAS-CHAVE: cafeicultura, geotecnologias, impactos ambientais, processos erosivos e produção sustentável.

MAPPING OF POTENTIAL EROSION OF COFFEE CROPS IN THE SUB-BASIN OF THE PARAÍSO STREAM, IN MUNIZ FREIRE MUNICIPALITY, STATE OF ESPÍRITO SANTO

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate and map the erosion potential and topographic factor of the coffee tree of the Paraíso stream sub-basin (BHCP), in the municipality of Muniz Freire (ES), as a way to subsidize improvements in the area covered. The procedures were performed in the ArcGIS® program, considering GEOBASES and the National Water Agency as digital cartographic bases. The BHCP was originally delimited. The estimation of potential erosion considered the Universal Soil Loss Equation, obtaining: topographic factor, erodibility factor (obtained in the literature) for each type of soil in the region and erosivity factor (based on the historical pluviometric series of the municipality of Muniz Freire (ES)). Potential erosion was mapped and classified only for coffee crops which, in turn, were demarcated by the edition of a land use and occupation file. Most coffee areas are vulnerable to erosion intensities from moderate to very strong and the highest intensity class is strong (44,56%), while only 3,47% of the occupied space was classified as “weak” to “moderate” intensity. These data indicate a concern with the planning of the use and occupation of the local coffee in the face of the adversities that the physical conditions of the space occupied by the coffee plantations impose. There is therefore a need for proper management of local lands as well as conservation practices in agriculture and technical assistance to farmers for better planning of BHCP.

KEY WORDS: coffee production, geotechnologies, environmental impacts, erosion processes, sustainable production.

INTRODUÇÃO

As atividades agrícolas têm como objetivo produzir alimentos e gerar lucro aos agricultores, conservando os recursos naturais não renováveis (Carvalho et al., 2014). A cafeicultura no Brasil, de maneira específica, gerou um crescimento econômico de grande relevância ao longo de sua história e possibilitou ao país destacar-se como maior produtor de café do mundo, tendo os Estados de Minas Gerais e Espírito Santo como grandes produtores. Todavia, vários impactos ambientais foram desencadeados durante esse processo (Lopes et al., 2014).

As técnicas de exploração agrícolas mais difundidas nem sempre permitem atender a esse objetivo por promoverem modificações ambientais (Carvalho et al., 2014). Com isso, o desencadeamento de fatores naturais e antrópicos coloca no cerne dos problemas ambientais globais de degradação ambiental a perda de solos por erosão laminar (Bolina et al., 2017), acarretada, principalmente, pelas águas pluviais. Quedas de produtividades nas lavouras cafeeiras provocadas por erosão hídrica tem sido motivo de alerta pelos produtores rurais (Ribeiro & Alvarenga, 2001). Isso ocorre, na

maioria das vezes, pelo transporte de nutrientes por parte do escoamento superficial, matéria orgânica e defensivos agrícolas, além do desconhecimento do clima, solo, relevo e tipologia do solo onde a propriedade rural está inserida (Santana & Araújo, 2017). Nesse sentido, o levantamento e mapeamento das características do solo de áreas agrícolas e de sua susceptibilidade natural à erosão são fundamentais para o planejamento do seu uso e ocupação de forma sustentável (Demarchi & Zimback, 2014).

A região Sul do Estado do Espírito Santo, onde está localizada a área estudada, se caracteriza pela topografia forte ondulada, com solos muito intemperizados e de baixa fertilidade. Com isso, a ocupação da terra por parte da agricultura familiar, predominante na região, exige uso intensivo do solo e, conseqüentemente, provoca perdas de solo, água e nutrientes por erosão (Thomazini et al., 2012). Para a realização de estudos de erosão de solos, uma das ferramentas mais adotadas na atualidade têm sido as geotecnologias, que permitem a localização precisa de áreas de interesse e a manipulação das informações geográficas, permitindo também um monitoramento contínuo de certos fenômenos, como o erosivo (Dias & Silva, 2015).

Considerando a relevância da temática, o objetivo deste trabalho foi avaliar e mapear a erosão potencial e o fator topográfico dos cultivos de café da sub-bacia hidrográfica do Córrego Paraíso (ES) como forma de subsidiar melhorias na área abrangida.

MATERIAL E MÉTODOS

A área estudada compreendeu a sub-bacia hidrográfica do córrego Paraíso (sigla – BHCP), que está localizada na zona rural do município de Muniz Freire, na mesorregião Sul do Estado do Espírito Santo. Abrange a área urbana do distrito de Vieira Machado, que é abastecido pelas águas do Córrego Paraíso. A sub-bacia é caracterizada pela predominância da agropecuária (cafeicultura e pecuária, principalmente) e da silvicultura do eucalipto (FIORESE et al., 2019). A Figura 1 apresenta a localização da sub-bacia do Córrego Paraíso.

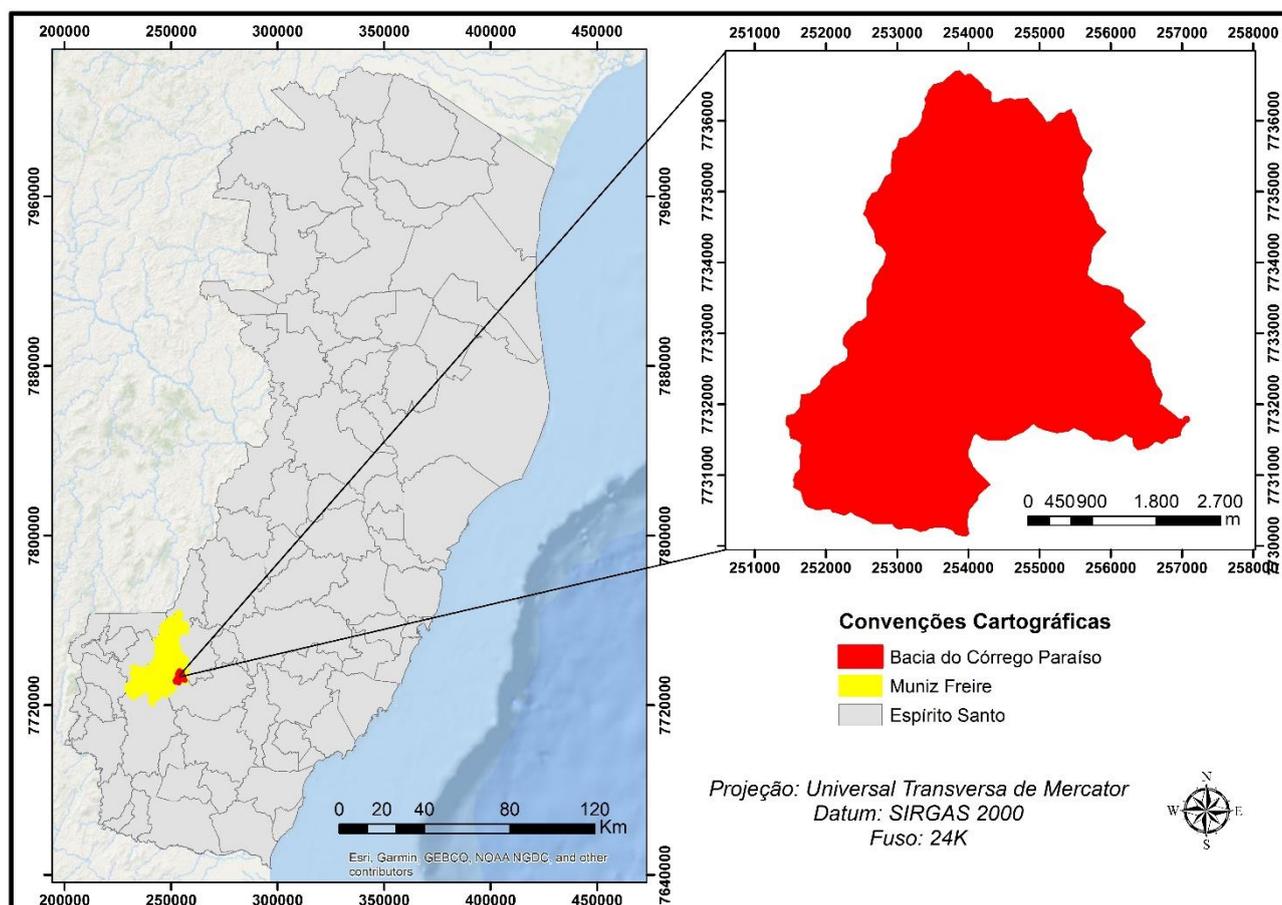


Fig. 1. Mapa de localização da BHCP.

Os procedimentos foram realizados no programa computacional ArcGis® 10.2, tendo como bases cartográficas digitais o Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES) e a Agência Nacional de Águas (ANA). Inicialmente, foi delimitada a BHCP por meio dos seguintes procedimentos, conforme Santos et al. (2010): coleta de dados de curvas de nível da região estudada no GEOBASES; geração do Modelo Digital de Elevação (MDE); correção do MDE pelo recurso “fill”; geração da direção (flow direction) e do acumulado (flow accumulation) do fluxo de drenagem; obtenção da malha hidrográfica; identificação do córrego Paraíso com auxílio de um banco de dados

referentes aos cursos hídricos locais (adquirido junto à ANA); demarcação do exutório através da fixação de um ponto e; delimitação da BHCP a partir da geração de um arquivo em formato raster para, posteriormente, converter em formato polígono.

Dessa forma, foi possível iniciar os procedimentos de estimativa da erosão potencial das áreas de cafeicultura local, a partir da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS). Essa equação foi elaborada visando prever perdas de solos médias em períodos longos e condições específicas, sendo que exprime a ação dos principais fatores que influenciam a erosão hídrica e expressa em função de variáveis ambientais e de manejo (Cemin et al., 2013). A equação utilizada para estimativa da erosão atual é a seguinte:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

Em que:

A = perda de solo ($t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$);

R = erosividade da chuva ($\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$);

K = erodibilidade do solo [$t \text{ ha}^{-1} (\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm h}^{-1})^{-1}$];

L = comprimento do declive (adimensional);

S = grau de declive (adimensional);

C = uso e manejo do solo (adimensional);

P = práticas conservacionistas (adimensional).

A erosão atual, que não foi estimada neste estudo, indica as perdas de solo por erosão hídrica considerando a erosão potencial e as condições atuais de uso do solo e práticas culturais, ou seja, os valores de C e P (Durães & Mello, 2016). Portanto, para este trabalho, não foram considerados os fatores C e P da EUPS, permitindo, assim, a estimativa da erosão potencial.

A capacidade da chuva de causar erosão em uma área sem proteção em uma dada localidade é expressa pelo fator numérico R (Wischmeier & Smith, 1962). Deve ser calculado a partir de índices mensais de erosão, obtidos pela equação (2), desenvolvida por Lombardi Neto & Moldenhauer (1992):

$$EI_i = 67,355 \times \left(\frac{r_i^2}{P_i} \right)^{0,85}$$

Sendo:

EI_i = média mensal do índice de erosão, no i ésimo mês ($\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$);

r_i = precipitação pluvial média mensal, em mm;

P_i = precipitação pluvial média anual, em mm; ($1 \leq i \leq 12$).

O fator R corresponde ao somatório dos mensais de erosão (Bertoni & Lombardi Neto, 1999). Os dados de precipitação foram adquiridos junto ao Hidroweb, da Agência Nacional de Águas, referentes a uma estação pluviométrica localizada no município de Muniz Freire/ES, considerando uma série histórica de 43 anos.

A partir do MDE da área estudada, foi gerado o mapa de declividade local, com intuito de determinar o chamado fator topográfico (LS) da equação, a partir da geração de dois mapas. O mapa do fator L foi obtido com auxílio da metodologia descrita por Desmet & Govers (1996), McCool et al. (1987) e McCool et al. (1989), por meio das seguintes equações:

$$F = \frac{\sin C / 0,0896}{0,56 + 3(\sin C)^{0,8}}$$

$$m = \frac{F}{1 + F}$$

$$L = \frac{[(A + D^2)]^{(m+1)} - A^{m+1}}{x^m D^{m+2} (22,13)^m}$$

Em que:

D = tamanho do pixel (determinado no ícone propriedades do arquivo);

A = fluxo acumulado da drenagem (flow accumulation);

C = declividade (expressa e convertida em radianos);

x = coeficiente de forma (adotado $x = 1$, para sistemas compostos por pixels);

m, F = coeficientes (adimensional).

Em seguida, foi gerado o mapa do fator S, pelo algoritmo de McCool et al. (1987) e McCool et al. (1989), partindo das seguintes condições, considerando a declividade: quando $\tan C < 0,09$, adotar $S = 10,8 \sin(C) + 0,03$ e; quando $\tan C \geq 0,09$, adotar $S = 16,8 \sin(C) + 0,5$.

A inserção das equações foi feita na ferramenta “raster calculator”, também conhecida como álgebra de mapas, que permite trabalhar os mapas a partir das equações inseridas no programa. Posteriormente, o mapa do fator LS foi plotado e interpretado conforme os dados contidos na literatura consultada.

Alguns solos apresentam maior propensão à erosão que outros, mesmo quando a cobertura vegetal, a precipitação, o declive e as práticas de controle de erosão são as mesmas. Essa diferença é chamada de erodibilidade do solo (fator K), e ocorre devida às propriedades inerentes ao solo (Bertoni & Lombardi Neto, 1999). O fator K foi determinado, inicialmente, a partir do mapeamento dos tipos de solos da BHCP e, em seguida, pela consulta dos dados na literatura.

Após a obtenção de todos os componentes da equação, foi gerado o mapa de erosão potencial da BHCP. No intuito de mapear a erosão somente para as áreas de cafeicultura, inicialmente, foram adquiridos dados geográficos referentes aos cultivos agrícolas desta sub-bacia para, em seguida, com auxílio das ferramentas de recorte (clip) e reclassificação, foi possível mapear, avaliar e quantificar a erosão potencial dessas áreas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A BHCP possui os seguintes tipos de solos: Cambissolo Háplico Distrófico, Argissolo Vermelho-Amarelo e Neossolo Litólico, com os valores de K (em $t\ ha^{-1}\ (MJ\ ha^{-1}\ mm\ h^{-1})^{-1}$) sendo, respectivamente, 0,022; 0,045 e; 0,048 (Demarchi & Zimback, 2014; Manningel et al., 2002). A Figura 2 e a Tabela 1 mostram, respectivamente, o mapeamento da erosão potencial das lavouras de café e a quantificação para cada classe de erosão.

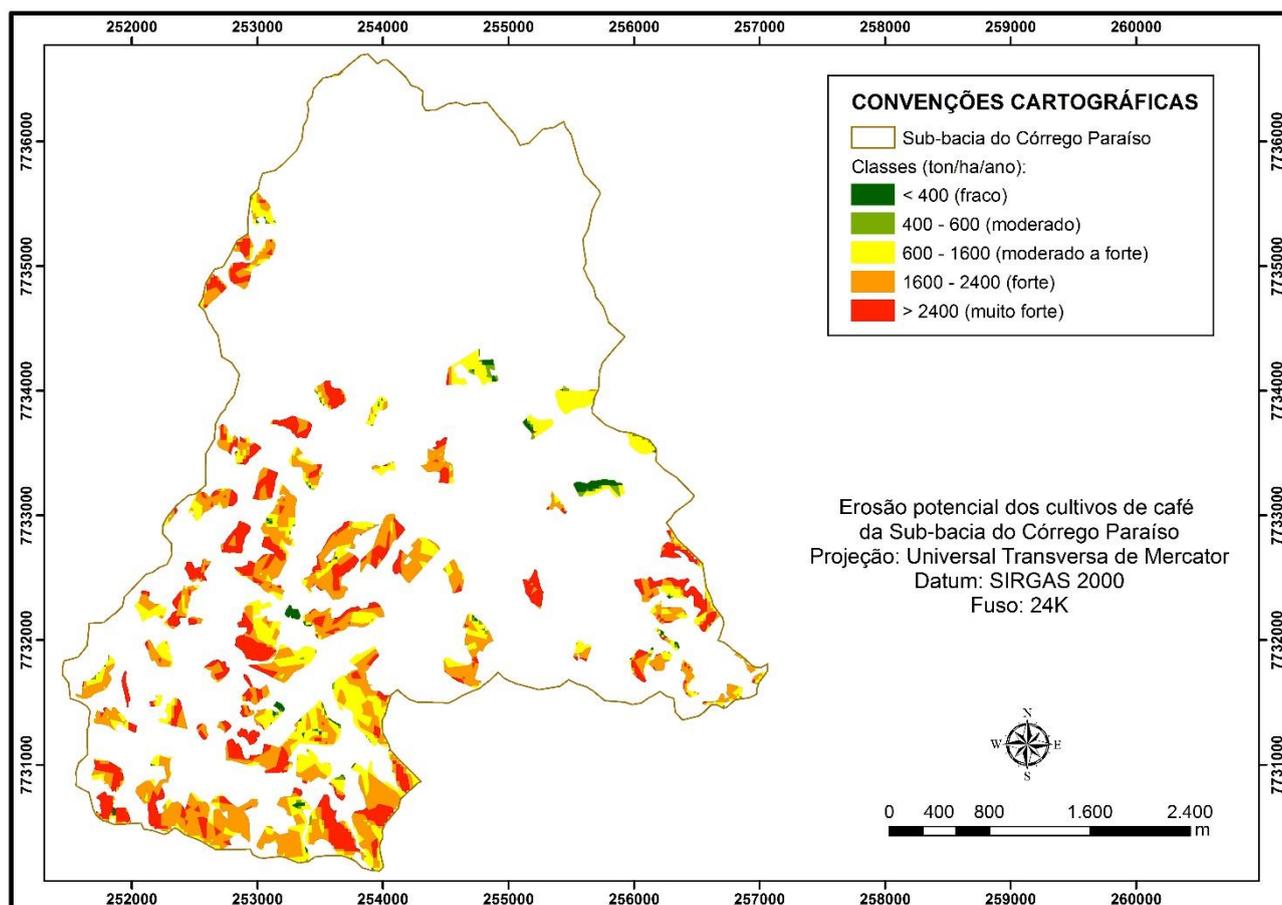


Fig. 2. Mapeamento da erosão potencial dos cultivos de café da BHCP.

Tabela 1. Área para cada classe de erosão potencial das lavouras de café da BHCP.

Classes de erosão	Área (m ²)	Área (%)
Fraco	64.896,36 m ²	1,99%
Moderado	48.251,07 m ²	1,48%
Moderado a forte	867.481,47 m ²	26,64%
Forte	1.450.865,45 m ²	44,56%
Muito forte	824.433,65 m ²	25,32%

Portanto, a maior parte das áreas com plantio de café está vulnerável a intensidades de erosão que vão de moderado a muito forte, correspondendo a 96,52% da área total dos cultivos de café e a maior classe de intensidade é a forte

(44,56%), ao passo que apenas 3,47% do espaço ocupado foi classificado com intensidade de erosão fraca a moderada, indicando um fator preocupante quanto à proteção dos solos locais. Estudos realizados por Moura-Bueno et al. (2018) indicam que as maiores perdas de solo e água são observadas nas áreas ocupadas pelas lavouras, além de considerarem que solos de encostas apresentam maior fragilidade frente a processos erosivos, sendo este um dos principais fatores para a elevada potencialidade a erosão das áreas cafeeiras da BHCP.

A erosão potencial, quando apresentada de forma cartográfica, permite uma clara interpretação do risco de erosão de determinada área em função das características do meio físico (Durães & Mello, 2016). Essas características são, por exemplo, declividade, comprimento da vertente, tipo do solo e pluviosidade. Na BHCP, há irregularidades no relevo, como a forte declividade, constituindo um grande desafio para o desenvolvimento correto dos cultivos. Portanto, grande parte das lavouras de café da BHCP está localizada em condições de alta vulnerabilidade a erosão do solo, devido às características supracitadas, pondo em risco não somente à integridade do solo, como também a produtividade agrícola e a qualidade das águas superficiais.

Os principais riscos e conflitos socioambientais nos cafezais estão atrelados, por exemplo, à ocupação de áreas com fortes declives, uso da irrigação em áreas de cabeceiras e práticas inadequadas de manutenção agrícola, como o uso excessivo da calagem (Soares et al., 2016).

Diante desse cenário, Durães & Mello (2016) propõem um correto ordenamento e manejo do uso e ocupação dessas áreas, a fim de minimizar os problemas ambientais em decorrência das próprias condições do meio físico. Paula et al. (2013) afirmam que os cafeicultores desses locais devem analisar suas práticas para o manejo da vegetação em suas lavouras, com vistas à evitar maiores problemas em relação ao solo, água e nutrientes perdidos por erosão hídrica. Além disso, há necessidade de um manejo que leve em consideração as práticas conservacionistas, como, por exemplo, a construção de sistemas de drenagem pluvial e o plantio em curvas de nível. Para os cultivos de café da BHCP, essas medidas seriam de fundamental importância, dada as condições físicas adversas e os processos tradicionais de cultivos agrícolas na região, como a monocultura.

CONCLUSÕES

1. As áreas cafeeiras da sub-bacia do Córrego Paraíso estão dispostas, majoritariamente, em locais com processos erosivos de intensidade moderada a muito forte;
2. Apenas 3,47% dos cultivos de café estão em áreas de moderada e fraca vulnerabilidade à erosão dos solos;
3. As características físicas locais, como a declividade e a pluviosidade, implicam em condições adversas para o desenvolvimento sadio das lavouras de café;
4. Necessidade de manejo correto do uso e ocupação das lavouras a partir de práticas conservacionistas, além de outras medidas como, por exemplo, orientação aos agricultores locais sobre essas práticas e atuação do comitê local de bacias hidrográficas e demais órgãos competentes sobre o melhor planejamento territorial da BHCP.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Espírito Santo - FAPES, pelo suporte ao trabalho e concessão de bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Encontre mapas interativos, conjuntos de dados geográficos, imagens de satélite e outros serviços*. Disponível em: <<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>>. Acesso em: 28 mai. 2019.
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. 4. ed. São Paulo: Ícone Editora, 1999.
- BOLINA, C. C.; SILVA, E. E. R.; SOUSA, L. R. P.; MACEDO, M. A.; RODRIGUES, J. F. & GOMES, M. I. L. Sistemas de informações geográficas: estimativa da erosão laminar na bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite – GO. *Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia*, v. 11, p. 328-353, 2017.
- CARVALHO, M. A.; RUIZ, H. A.; COSTA, L. M.; PASSOS, R. R. & ARAUJO, C. A. S. Composição granulométrica, densidade e porosidade de agregados de Latossolo Vermelho sob duas coberturas do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 18, n. 10, p. 1010-1016, 2014.
- CEMIN, G.; PÉRRICO, E.; SCHNEIDER, V. E.; FINOTTI, A. R. Determinação da perda de solos por erosão laminar na bacia hidrográfica do arroio Marrecas, RS, Brasil. *Scientia plena*, v. 9, n. 1, p. 1-9, 2013.
- DEMARCHI, J. C. & ZIMBACK, C. R. L. Mapeamento, erodibilidade e tolerância de perda de solo na sub-bacia do Ribeirão das Perobas. *Energia na Agricultura*, v. 29, n. 2, p. 102-114, 2014.
- 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, 1997.
- DIAS, E. R. & SILVA, R. M. Estimativa do risco à erosão do solo no município de Lucena – Paraíba. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 16, n. 54, p. 192-204, 2015.
- DURÃES, M. F. & MELLO, C. R. Distribuição espacial da erosão potencial e atual do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí, MG. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 21, n. 4, p. 677-685, 2016.

- FIGLIANO, C. H. U.; ANDRADE, D.; AGRIZZI, E. M. & TORRES, H. Estudo da cobertura vegetal nativa das áreas de preservação permanente dos cursos hídricos da microbacia do Córrego Paraíso, em Muniz Freire/ES. *Tree Dimensional*, v. 4, n. 7, p. 46-55, 2019.
- GEOBASES. *IEMA – mapeamento ES – 2012-2015*. Disponível em: <<https://geobases.es.gov.br/links-para-mapas1215>>. Acesso em: 1 jun. 2019.
- LOMBARDI NETO, F. & MOLDENHAUER, W.C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). *Bragantia*, Campinas, v. 51, n. 2, p. 189-196, 1992.
- LOPES, P. R.; ARAÚJO, K. C. S.; LOPES, I. M.; RANGEL, R. P.; SANTOS, N. F. F. & KAGEWAMA, P. Y. Uma análise das conseqüências da agricultura convencional e das opções de modelos sustentáveis de produção – agricultura orgânica e agroflorestal. *Revista Espaço de Diálogo e Desconexão*, Araraquara, v. 8, n. 1, p. 1-38, 2014.
- MANNINGEL, A. R.; CARVALHO, M. P.; MORETI, D. & MEDEIROS, L. R. Fator erodibilidade e tolerância de perda de solos do Estado de São Paulo. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1335-1340, 2002.
- MCCOOL, D. K.; BROWN, L. C. & FOSTER, G. R. Revised slope steepness factor of the Universal Soil Loss Equation. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, v. 30, p. 1387-1396, 1987.
- MCCOOL, D. K.; FOSTER, G. R.; MUTCHLER, C. K. & MEYER, L. D. Revised slope length factor for the Universal Soil Loss Equation. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, v. 32, p. 1571-1576, 1989.
- MOURA-BUENO, J. M.; DALMOLIN, R. S. D.; MIGUEL, P. & HORST, T. Z. Erosão em áreas de encosta com solos frágeis e sua relação com a cobertura do solo. *Revista Scientia Agraria*, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 102-112, 2018.
- PAULA, M.; CABANÊZ, P.; FERRARI, J. Desgaste superficial do solo em cafeicultura capixaba de montanha em função do manejo da vegetação espontânea. *Revista Engenharia Ambiental*, Espírito Santo do Pinhal, v. 10, n. 2, p. 90-104, 2013.
- RIBEIRO, M. F. & ALVARENGA, A. P. *Manejo da lavoura cafeeira*. In: ZAMBOLIN, L. Tecnologias de produção de café com qualidade. Viçosa: UFV, 2001. p. 295-326.
- SANTANA, A. L. S. & ARAÚJO, G. L. *Erosão do solo em uma propriedade rural no município de Abre Campo (MG)*. In: II Jornada de Iniciação Científica e III Seminário Científico da FACIG, 2017, Manhuaçu – MG. II Jornada de Iniciação Científica e III Seminário Científico da FACIG. Manhuaçu – MG: Facig, 2017.
- SANTOS, A. R.; LOUZADA, F. L. R. O. & EUGÊNIO, F. C. *ArcGis 9.3 total: aplicações para dados espaciais*. 2.ed. Alegre: CAUFES, 2010. 184 p.
- SOARES, B. S.; LIMA, E. M.; MAIA, M. R. & SILVEIRA, G. S. P. Práticas de manejo e conservação do solo da cultura cafeeira na bacia hidrográfica do Riacho Água Fria, Barra do Choça – Bahia. *Revista do REGNE*, v. 2, p. 191-200, 2016.
- THOMAZINI, A.; AZEVEDO, H. C. A. & MENDONÇA, E. S. Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas conservacionistas e convencionais de café no sul do Estado do Espírito Santo. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 7, n. 2, p. 150-159, 2012.
- WISCHMEIER, W. H. & SMITH, D. D. Rainfall erosion. *Advances in Agronomy*, New York, n° 14, p. 109-148, 1962.