



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

PERDA POTENCIAL DE SOLO DAS ÁREAS DE CAFEICULTURA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO TOMBOS, NO MUNICÍPIO DE MUNIZ FREIRE, ESPÍRITO SANTO

Caio Henrique Ungarato Fiorese, caiofiorese@hotmail.com, UFES-Alegre

Resumo

Apesar da relevância econômica da cafeicultura, no estado do Espírito Santo, essa atividade pode proporcionar problemas ambientais graves quando não planejada devidamente. Um desses problemas é a erosão hídrica dos solos, que vem assolando vários cafezais capixabas. Assim, este trabalho teve o objetivo de avaliar as perdas potenciais de solo das áreas de cafeicultura da sub-bacia hidrográfica do córrego Tombos (BHCT), a fim de subsidiar melhorias referentes à conservação dos solos associada a produtividade cafeeira na região. Os procedimentos ocorreram com auxílio de sistemas de informações geográficas, no programa ArcGIS®. Os bancos de dados geográficos utilizados foram adquiridos nos portais eletrônicos do GEOBASES, Instituto Jones dos Santos Neves e Agência Nacional de Águas. A princípio, foi delimitada a BHCT para, em seguida, serem adquiridas feições (arquivos vetoriais) acerca da ocupação dos cafezais da BHCT. Na estimativa da erosão potencial, foi considerada a Equação Universal de Perda dos Solos, com base nos parâmetros: declividade, comprimento de rampa, erodibilidade e erosividade. A erosão potencial foi mapeada, quantificada e classificada somente para os cafezais da BHCT. Os valores de erosão variam de 0 ton/ha.ano a 7136 ton/ha.ano, com média aritmética de 609,669 ton/ha.ano e desvio padrão igual a 309,921 ton/ha.ano. A classe de intensidade com maior abrangência é a “moderada”, com 49,589% dos cafezais. Quando somadas, as classes de menores intensidades, a “fraca” e “moderada”, perfazem 75,887%. Os cafezais da BHCT possuem tendência baixa à processos erosivos, o que representa um fator positivo para a produtividade e conservação dos solos. Isso pode ser atribuído, principalmente, aos parâmetros relacionados ao relevo, como a declividade e o comprimento de rampa. No entanto, nas áreas mais vulneráveis à erosão, há necessidade de medidas relacionadas à conservação dos solos. É de grande relevância, ainda, a continuidade de estudos com essa temática na região estudada.

Palavras-chave: cafeicultura, conservação dos solos, impactos ambientais, planejamento agrícola.

1. Introdução

A erosão do solo tem sido um assunto muito relevante no Brasil e em vários países, em decorrência dos significativos prejuízos em níveis social, financeiro e ambiental. A preocupação em entender a dinâmica dos processos erosivos e seus impactos provocados, bem como a elaboração de métodos de estudos e técnicas de mitigação e atenuação dos impactos ambientais, faz com que essa temática esteja em constante vigência (PEREIRA, 2014). As atividades agrícolas desenvolvidas em quaisquer ambientes se refletem diretamente na organização do espaço geográfico e na dinâmica socioambiental das populações, que entregam ao solo resultados diferentes do que este necessita. De um lado, há uma população que precisa



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

ser alimentada, e, de outro lado, produtores que almejam alcançar maior produtividade das culturas agrícolas para obtenção de maiores lucros (SALES, 2018).

Deste modo, o estudo da erosão dos solos se torna importante, pois o conhecimento antecipado da suscetibilidade à erosão de um solo em área pré-estabelecida pode direcionar a atividade humana em relação ao uso e manejo sustentável dos recursos naturais ((TUCHTENHAGEN et al., 2017). No caso da cafeicultura, a sua ocupação em locais naturalmente menos propensos à erosão, com relevo irregular, por exemplo, pode acarretar graves perdas de solo, capazes de provocar danos ambientais, como o assoreamento de recursos hídricos em nível de bacia hidrográfica e quedas na produtividade agrícola. Na região Sul do Estado do Espírito Santo, embora a cafeicultura tenha grande relevância econômica e histórica, várias áreas já se encontram em algum nível de degradação, com emprego excessivo da monocultura e de técnicas tradicionais de manejo.

Nesse sentido, o objetivo desta pesquisa foi analisar as perdas potenciais de solo nas áreas de cafeicultura da sub-bacia hidrográfica do córrego Tombos (BHCT), a fim de subsidiar melhorias referentes à conservação dos solos associada a produtividade cafeeira nessa região. A BHCT foi escolhida por não haver, na literatura, estudos voltados à essa temática considerando essa sub-bacia hidrográfica.

2. Fundamentação teórica

A cafeicultura no Brasil gerou um crescimento econômico de expressiva relevância ao longo de sua história e possibilitou ao país destacar-se como maior produtor de café do mundo. No entanto, muitos impactos socioambientais negativos foram desencadeados durante esse processo. Entre os principais impactos negativos estão o alto índice de desmatamento da Mata Atlântica e do Cerrado para implantação dos monocultivos de café, a perda da biodiversidade faunística e florística, a contaminação e degradação dos recursos hídricos pelo expressivo uso dos agroquímicos e pela destruição das matas ciliares, intoxicações e mortes de trabalhadores ocasionadas pelos agrotóxicos. Ainda acarreta o empobrecimento do solo e desequilíbrio ambiental acompanhado do aparecimento de pragas e doenças que danificam severamente as lavouras (LOPES et al., 2014).

O processo erosivo, como um todo, geralmente é prejudicial. As áreas agrícolas têm sua capacidade produtiva comprometida pela perda de solo, matéria orgânica, adubos químicos e defensivos agrícolas, onerando o processo produtivo. Corpos aquáticos, que muitas vezes recebem os materiais carreados das áreas agrícolas, são contaminados e assoreados, acarretando vários problemas ambientais (SCHICK, 2014). A erosão é uma das principais causas de degradação dos solos, em função da remoção da matéria orgânica e nutrientes presentes na camada superior, provocando a conseqüente redução da produção de alimentos e da qualidade da água dos recursos hídricos superficiais (CORREIA et al., 2017).

Os modelos matemáticos de previsão de erosão, quando devidamente aplicados, são considerados ferramentas altamente apropriadas para o estudo dos fatores intervenientes no processo erosivo e direcionamento das decisões de gerenciamento do uso do solo. A Equação Universal da Perda de Solo (EUPS) é um modelo amplamente difundido para a estimativa de perda de solo, principalmente por ser prático e utilizar variáveis de fácil obtenção. Muitas



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

pesquisas consideram a EUPS e seus fatores como uma ferramenta de boa aplicabilidade e estimativa, que fornece parâmetros para o planejamento do uso e ocupação do solo (MIQUELONI; BUENO; FERRAUDO, 2012). A EUPS, que permite estimar a erosão sob variadas condições de uso e cobertura do solo, declividade, comprimento de rampa, tipos de solo e chuva, por meio da elaboração de mapas temáticos, representa um ótimo e relevante instrumento de estudo sobre o processo erosivo e permite a compartimentação da paisagem em níveis de instabilidade (BARBOSA et al., 2015).

Entende-se como bacia hidrográfica a área da superfície terrestre drenada por um rio ou canal principal e seus afluentes ou tributários, estando limitada pelos divisores de água e pela saída da bacia em seu exutório ou sua foz (VILAÇA et al., 2020). A bacia hidrográfica deve ser considerada uma excelente unidade de gestão dos aspectos naturais e sociais, pois permite a execução do planejamento e da gestão do meio ambiente de forma integradora e holística, considerando sempre as associações existentes ente a sociedade e o ambiente (LIMA et al., 2016). As bacias hidrográficas são tidas no âmbito do planejamento territorial como a unidade básica de análise para o desenvolvimento de ações e medidas estruturais e não estruturais com a perspectiva de integração entre a gestão dos recursos hídricos e a gestão ambiental. No Brasil, este ambiente foi estabelecido por meio da Política de Nacional de Recursos Hídricos, a partir da promulgação da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (CARVALHO, 2020).

O foco atual das pesquisas relacionadas ao meio ambiente tem sido na conservação dos recursos naturais, do solo e da água, almejando a diminuição dos impactos antrópicos, de forma a tornar o uso dos mesmos sustentáveis. Nesse contexto, a bacia hidrográfica vem sendo utilizada como região geográfica nos estudos hidrológicos, sendo considerada como uma unidade ambiental que permite tratar dos componentes e da dinâmica das inter-relações necessárias ao planejamento e a gestão ambiental (TUCHTENHAGEN et al., 2017). Muitas bacias hidrográficas brasileiras vêm sofrendo constantes pressões, devido à expansão urbana e agrícola. A constante modificação da superfície nas bacias hidrográficas tem degradado o solo, pelo seu uso e ocupação que, associados ao regime hidrológico e sedimentológico destas, têm acarretado o aceleração do processo de erosão hídrica (PEREIRA et al., 2015).

3. Metodologia

A BHCT fica localizada na zona rural do município de Muniz Freire, na mesorregião Sul do Estado do Espírito Santo. Com uma área de 40,220 km², possui a cafeicultura como uma das principais atividades econômicas. De acordo com dados fornecidos pelo Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES), a cafeicultura na BHCT perfaz 22,534% da área total da referida sub-bacia. O clima da região, segundo Koppen, é classificado como Cwa, ou seja, clima subtropical de inverno seco, com temperaturas inferiores a 18 °C, e verão quente, com temperaturas superiores a 22 °C (EMBRAPA, 2020). A Figura 1 mostra a localização da BHCT e das áreas de cafeicultura contempladas neste estudo.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

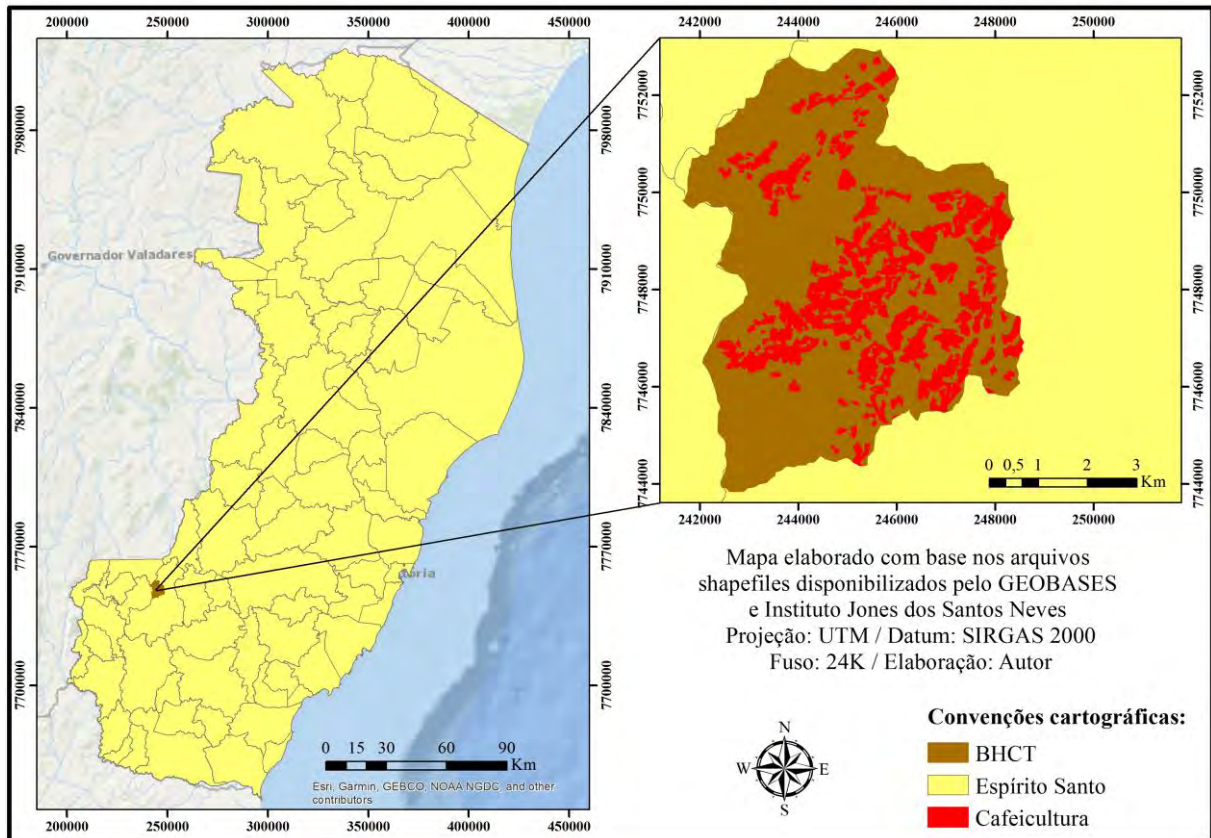


Figura 1 – Localização da BHCT e dos cafezais. Fonte: Adaptado de GEOBASES (2020) e IJSN (2020).

Os procedimentos foram executados no programa ArcGIS®, tendo como bases cartográficas digitais os sítios eletrônicos do Geobases (GEOBASES, 2020), da Agência Nacional de Águas (ANA, 2020) e do Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN, 2020). Inicialmente, a região de interesse foi identificada a partir de feições de municípios do Estado do Espírito Santo adquiridas junto ao Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN, 2020) para, em seguida, delimitar a BHRF a partir dos seguintes procedimentos, conforme Santos et al. (2010): aquisição de curvas de nível da região junto ao GEOBASES e seu posterior recorte para o município de Cachoeiro de Itapemirim; geração do Modelo Digital de Elevação (MDE); correção do MDE (para preencher possíveis depressões que possam interromper o fluxo hídrico); delimitação dos fluxos de direção (*flow direction*) e de acumulação (*flow accumulation*) da drenagem; identificação do exutório da BHCT; demarcação do exutório através de um ponto e; delimitação da sub-bacia de interesse. A identificação desse exutório ocorreu a partir do auxílio de feições de cursos d'água da região junto ao sítio eletrônico da Agência Nacional de Águas (ANA, 2020), que carregou as informações dos fluxos hídricos e seus respectivos nomes.

Após a delimitação, foi possível dar prosseguimento aos demais procedimentos de avaliação da perda de solos, desta vez para a região de interesse. Para estimar a perda de solos



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

atual e potencial, foi considerada a Equação Universal de Perda dos Solos (EUPS), dada pela equação (1) (WISCHMEIER; SMITH, 1962):

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (1)$$

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 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, a EUPS, considerando todos os seus parâmetros, indica a erosão atual. Já a erosão potencial, causada pelas propriedades físicas da região estudada, inclui apenas os parâmetros R, K, L e S.

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), que é estimada a partir de índices mensais de erosão, obtidos pela equação (2), desenvolvida por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992):

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

Em que: EI_i = média mensal do índice de erosão ($\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$); r_i = precipitação pluvial média mensal, em mm; P_i = precipitação pluvial média anual, em mm. O fator R corresponde ao somatório dos índices mensais de erosão (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999). Os dados de precipitação foram adquiridos junto ao portal eletrônico Hidroweb, da Agência Nacional de Águas (ANA, 2020), referentes a uma estação pluviométrica localizada no município de Muniz Freire (ES), com uma série histórica de 43 anos. A estação apresentou as seguintes coordenadas geográficas: S 20° 31' 42"/ W 41° 30' 41". Foi considerada essa estação devido à ampla série histórica pluviométrica existente.

Através do MDE da área estudada, foi gerado o mapa de declividade, em porcentagem, através da função “slope” no ArcGIS, para determinar os fatores L e S da EUPS. Na prática, esses dois fatores são considerados conjuntamente, por meio de um termo denominado fator topográfico ou LS, que é obtido a partir da agregação do comprimento das encostas (vertentes) com o gradiente de declividade (grau de inclinação), por meio de modelos matemáticos (GALDINO, 2012). Os fatores comprimento de rampa e declividade, embora têm sido pesquisados separadamente, é mais conveniente considerá-los conjuntamente como um fator LS (BUENO; ARRAES; MIQUELONI, 2011).

O método de Bertoni e Lombardi Neto (1990) foi considerado para obter os dados do fator LS. O comprimento de rampa (L) foi estimado a partir da equação (3) (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990):

$$\sqrt{P^2 + \left(\frac{D}{100} \times P \right)^2} \quad (3)$$



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

Em que: L = comprimento de rampa (adimensional); P = tamanho do pixel considerado (15 m) e; D = declividade (em porcentagem). A declividade foi extraída a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) da área gerado pelo método da rede triangulada irregular (TIN) a partir de feições (arquivos vetoriais) de curvas de nível da área com equidistância de 5 m. Em seguida, foi obtido o fator LS a partir da equação (4), também proposta por Bertoni e Lombardi Neto (1990):

$$LS = 0,00984 \times L^{0,63} \times D^{1,18} \quad (4)$$

Em que: LS = fator topográfico (adimensional); L = comprimento de rampa (adimensional) e; D = declividade (em porcentagem). A inserção das equações ocorreu através da ferramenta “álgebra de mapas”, no ArcGIS®.

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). Esse parâmetro significa a vulnerabilidade ou susceptibilidade à erosão do solo, que é a recíproca da sua resistência à erosão. A erodibilidade é a única variável, na EUPS, relacionada com as características do solo, estando relacionada com as interações físico-químicas, biológicas e mineralógicas do solo (AHMED, 2009). O fator K (erodibilidade do solo) foi determinado inicialmente, a partir do mapeamento dos tipos de solos dos cafezais da BHCT e, em seguida, pela consulta dos dados conforme Corrêa, Moraes e Pinto (2015) e Demarchi e Zimback (2014).

A inserção de todas as equações foi feita na ferramenta “raster calculator”, também conhecida como álgebra de mapas, que permite trabalhar com mapas a partir das equações inseridas no programa ArcGIS®. Após a obtenção de todos os componentes da equação, a erosão foi classificada conforme o método adotado por Durães e Mello (2016).

4. Resultados

A erosividade estimada foi igual a 6.797,20 MJ ha⁻¹ mm⁻¹, o que pode ser classificada como “moderada a alta”, conforme a classificação de Carvalho (2008). Nos cafezais da BHCT, foram identificados dois tipos de solos, que são: cambissolo háplico e nitossolo vermelho. Ambos possuem valores de erodibilidade (fator K) iguais a, respectivamente, 0,036 (CORRÊA; MORAES; PINTO, 2015) e 0,039 (DEMARCHI; ZIMBACK, 2014). O cambissolo háplico possui 87,257% de abrangência nos cafezais da BHCT, ao passo que o nitossolo vermelho abrange 12,743%.

A erosão potencial dos cafezais na BHCT varia de 0 ton/ha.ano a 7136 ton/ha.ano, com média aritmética de 609,669 ton/ha.ano e desvio padrão igual a 309,921 ton/ha.ano. A classe de intensidade com maior abrangência é a “moderada”, com 49,589% dos cafezais. Quando somadas, as classes de menores intensidades, a “fraca” e “moderada”, perfazem 75,887% dos cultivos cafeeiros. A Figura 2 e a Tabela 1 mostram, respectivamente, o mapa de erosão potencial (seguindo a classificação proposta por Durães e Mello (2016)) e os dados de área, em porcentagem, para cada classe de intensidade à erosão.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

Figura 1 – Mapa de erosão potencial dos cafezais da BHCT

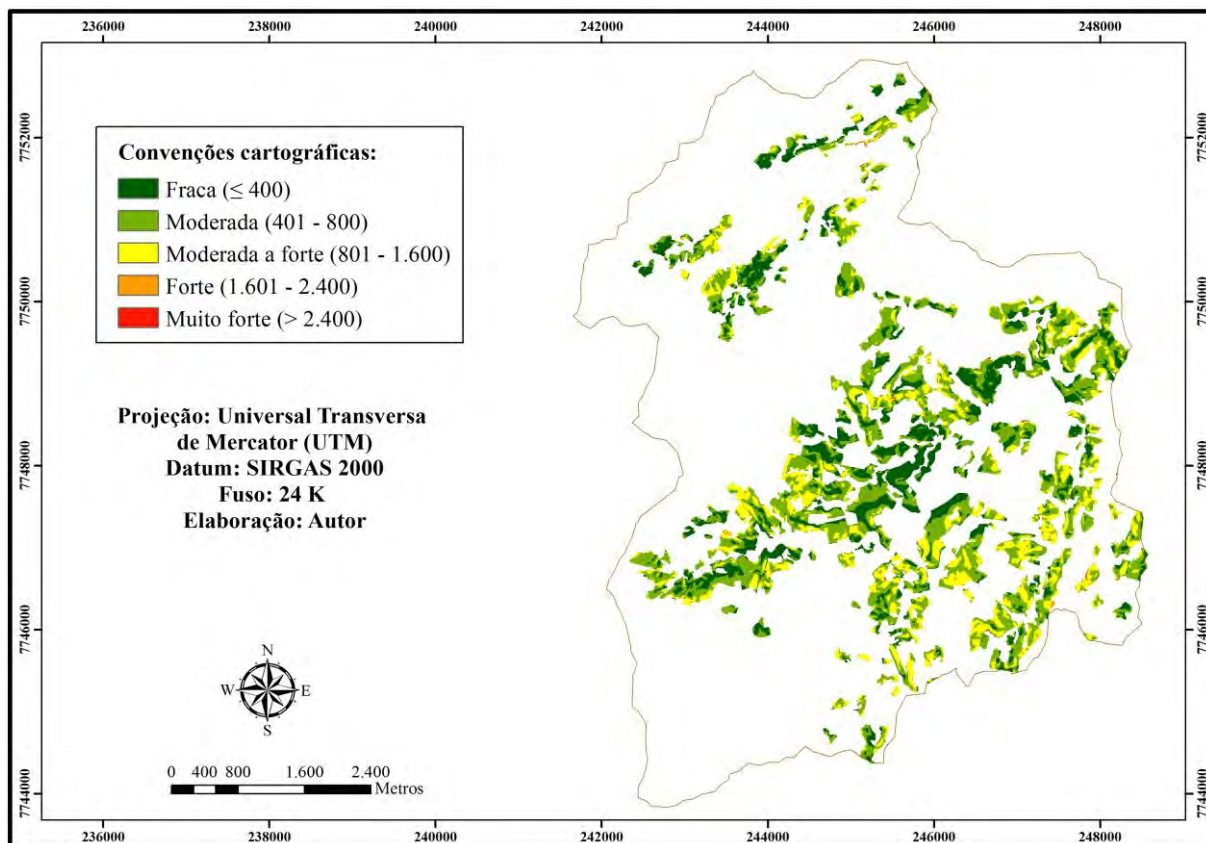


Tabela 1 – Dados de erosão potencial para cada classe de intensidade

Classes (ton/ha.ano)	Área (%)	Área acumulada (%)
Fraca (≤ 400)	26,298	26,298
Moderada (401 – 800)	49,589	75,887
Moderada a forte (801 – 1.600)	23,553	99,440
Forte (1.601 – 2.400)	0,437	99,877
Muito forte (> 2.400)	0,123	100,000

5. Conclusões

Verifica-se que os cafezais da BHCT possuem tendência baixa à processos erosivos, o que representa um fator positivo para a produtividade e conservação dos solos nessa região. Nesse ponto, os resultados foram considerados satisfatórios. Isso pode ser atribuído, principalmente, aos parâmetros relacionados ao relevo, como a declividade e o comprimento de rampa. O fator LS exerce influência importante no processo erosivo. O grau de declive e o



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

comprimento da encosta influenciam na velocidade de escoamento superficial, favorecendo a erosão em termos de tamanho e quantidade de material transportado (SILVA et al, 2015). Dessa forma, as características do relevo onde os cafezais da BHCT ocupam favorecem à implantação e manutenção dos mesmos.

Todavia, mesmo com baixas tendências à erosão dos cafezais, as perdas de solo podem ser agravadas por fatores antrópicos. No município de Muniz Freire, que abrange a sub-bacia estudada e os cafezais ali existentes, o nível de degradação dos solos vem se acentuando devido ao abandono de cafés degradados, à implantação de novas lavouras cafeeiras em desnível e sem práticas conservacionistas, à presença de culturas anuais, tomate e outras hortaliças em desnível e com mecanização morro abaixo, à construção e manutenção de estradas e carreadores com tecnologia inadequada. Ainda há ocorrência de problemas, como o baixo rendimento por área, bebida de qualidade inferior e baixo nível tecnológico empregado na produção. Esses fatores geram alto custo de produção que diminuem sensivelmente a receita líquida da atividade. (INCAPER, 2010). Com um manejo cafeeiro incorreto, o impacto da gota da chuva no solo reduz a capacidade de infiltração da água, devido à formação do selamento da superfície do solo, o qual ocorre a formação de escoamentos superficiais, resultando em uma maior perda de solo (TUCHTENHAGEN et al., 2017).

Nesse sentido, embora as áreas de cafeicultura da BHCT sejam menos vulneráveis à erosão, há necessidade de medidas para uma boa produtividade aliada à conservação dos solos. Uma delas se trata das técnicas conservacionistas. Com a implantação de práticas conservacionistas, há diminuição expressiva dos processos erosivos, que se dão principalmente pelo arraste das partículas menores, ricas em nutrientes, culminando com decréscimo da fertilidade e, conseqüentemente, redução na produtividade (TUCHTENHAGEN et al., 2017). Outra sugestão relevante é a produção integrada diversificada, representada pelos chamados “Sistemas Agroflorestais”, em detrimento à monocultura (LOPES et al., 2014), muito predominante na região da BHCT. Segundo Lopes et al. (2014), esse modelo pode contribuir com a conservação da biodiversidade e, ainda, contribuir para a conservação dos solos. Essa ideia seria relevante até mesmo para os cafezais que ocupam áreas com intensidade à erosão classificada como “moderada a forte”, pois favorece à infiltração de água no solo e, logo, minimiza os efeitos do processo erosivo, além de contribuir para uma maior produtividade agrícola atrelada ao menor uso de insumos.

Nesta pesquisa, os objetivos estabelecidos foram atendidos. Embora as informações obtidas sejam satisfatórias para os cafezais da BHCT, é relevante a continuidade deste trabalho. Dessa forma, a análise das técnicas de manejo empregadas nos cafezais estudados representa uma ótima sugestão para futuros estudos, a fim de associar as informações obtidas neste trabalho com a realidade da área estudada.

6. Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo – FAPES, pelo subsídio financeiro fornecido para a realização desta pesquisa.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

7. Referências bibliográficas

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. 2020. **Encontre mapas interativos, conjuntos de dados geográficos, imagens de satélite e outros serviços.** In: <http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home> (acessado em 29 de Setembro de 2020).
- AHMED, C. R. M. **Fatores que influenciam a erodibilidade nos solos do município de Campos dos Goytacazes-RJ sob uma análise multicritério.** 2009. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2009.
- BARBOSA, A. F.; OLIVEIRA, E. F. de.; MIOTO, C. L.; PARANHOS FILHO, A. C. Aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (USLE) em softwares livres e gratuitos. **Anuário do Instituto de Geociências da UFRJ**, v. 38, n. 1, p. 170-179, 2015.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** 8. ed. São Paulo: Icone, 2012. 355 p.
- BUENO, C. R. P.; ARRAES, C. L.; MIQUELONI, D. P. Aplicação do sistema de informação geográfica para determinação do fator topográfico em bacias hidrográficas. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 4, n. 2, p. 30-47, 2011.
- CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática.** 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.
- CARVALHO, A. T. F. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. 42, n. 1, p. 140-161, jan./jun. 2020.
- CORRÊA, E. A.; MORAES, I. C.; COUTO JUNIOR, A. A.; PINTO, S. dos A. F. Aplicação da Equação Universal de Perda de Solo Modificada (MEUPS) na avaliação da erosão hídrica do solo em uma micro bacia hidrográfica com solos predominantemente argilosos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 17., 2017, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto de Geociências da Unicamp, 2017.
- CORRÊA, E. A.; MORAES, I. C.; PINTO, S. dos A. F. Estimativa da erodibilidade e tolerância de perdas de solo na região do centro leste paulista. **Geociências**, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 848-860, 2015.
- 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**, Botucatu, v. 29, n. 2, p. 102-114, abr./jun. 2014.
- 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.
- EMBRAPA. 2020. **Clima.** In: <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm> (acessado em 2 de Outubro de 2020).



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

GALDINO, S. **Estimativa da perda de terra sob pastagens cultivadas em solos arenosos da bacia hidrográfica do Alto Taquari – MS/MT**. 2012. 115 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

GEOBASES. **IEMA – mapeamento ES – 2012-2015**. 2020. In: <https://geobases.es.gov.br/links-para-mapas/1215> (acessado em 1 de Junho de 2020).

IJSN – Instituto Jones dos Santos Neves. 2020. **Shapefiles**. In: <http://www.ijsn.es.gov.br/mapas/> (acessado em 1 de Junho de 2020).

INCAPER. 2010. **Programa de assistência técnica e extensão rural PROATER 2011 – 2013: Muniz Freire**. In: https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipios/Caparao/Muniz_Freire.pdf (acessado em 20 de Outubro de 2020).

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. de F.; KAGEYAMA, P. Y. Uma análise das consequências da cafeicultura convencional e as opções de modelos sustentáveis de produção – agricultura orgânica e agroflorestal. **Revista Espaço de Diálogo e Desconexão**, Araraquara, v. 8, n. 1, 2014.

MIQUELONI, D. P.; BUENO C. R. P.; FERRAUDO, A. S. Análise espacial dos fatores da equação universal de perda de solo em área de nascentes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 47, n. 9, p. 1358-1367, set. 2012.

PEREIRA, J. S. **Avaliação das perdas de solos por erosão laminar na área de influência da UHE Amador Aguiar I**. 2014. 167 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

PEREIRA, T. S. R.; SANTOS, K. A.; SILVA, B. F.; FORMIGA, K. T. Determinação e espacialização da perda de solo da bacia hidrográfica do córrego Cascavel, Goiás. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 9, n. 2, p. 76-93, 2015.

SALES, J. F. S. de. **Estimativa de perdas de solo por erosão hídrica em propriedades rurais registradas no Cadastro Ambiental Rural no município de Alagoa Nova-PB**. 2018. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2018.

SANTOS, A. R. dos.; LOUZADA, F. L. R. O.; EUGÊNIO, F. C. **ArcGIS 9.3 total: aplicações para dados espaciais**. 2.ed. Alegre: CAUFES, 2010. 184 p.

SILVA, A. M.; HUANG, C.H. ; FRANCESCONI, W. ; SAINTIL, T.; VILLEGAS, J. . Using landscape metrics to analyze micro scale soil erosion processes. **Ecological Indicators**, v. 56, p. 184-193, 2015.

TUCHTENHAGEN, I. K.; HARTWIG, M. P.; NUNES, M. C. M.; LIMA, C. L. R.; SILVA, T. P.; NACHTIGALL, S. D.. Estimativa da erosão hídrica por meio do modelo USLE na sub-



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

bacia Santa Rita em Pelotas-RS. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 8, n. 3, p. 88-96, 2017.

VILAÇA, M. F.; GOMES, I.; MACHADO, M. L.; VIEIRA, E. M.; SIMÃO, M. L. R. 2020. **Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão: o estudo de caso do ribeirão Conquista no município de Itaguara - MG.** In: http://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo3/07_0.pdf (acessado em 14 de Outubro de 2020).

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Rainfall erosion.** *Advances in Agronomy*, New York, v. 14, p. 109-148, 1962.