



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

## VULNERABILIDADE ATUAL À EROSÃO NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO BATEIA, NO MUNICÍPIO DE CASTELO, ESPÍRITO SANTO

Caio Henrique Ungarato Fiorese, [caiofiorese@hotmail.com](mailto:caiofiorese@hotmail.com), UFES-Alegre

### Resumo

A erosão hídrica dos solos depende de um conjunto de fatores relacionados à natureza e ao homem. No entanto, esse fenômeno vem sendo um grande motivo de preocupação em diversas bacias hidrográficas brasileiras. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi analisar a vulnerabilidade atual à erosão na sub-bacia hidrográfica do ribeirão Bateia, a fim de auxiliar em melhorias referentes à conservação dos solos aliada ao planejamento antrópico nessa região. Os procedimentos ocorreram com auxílio de sistemas de informações geográficas, no programa ArcGIS®. Os bancos de dados geográficos foram adquiridos nos portais eletrônicos do GEOBASES e da Agência Nacional de Águas. Na estimativa da erosão atual, foi considerada a Equação Universal de Perda de Solos (EUPS), que considera os seguintes dados: erosividade, erodibilidade, comprimento de rampa, declividade e fatores uso e manejo do solo e práticas conservacionistas. A erosão atual foi mapeada, quantificada e classificada conforme a literatura considerada. Os valores de erosão atual na BHRB variam de 0 ton/ha.ano a 1042,449 ton/ha.ano, com média aritmética de 13,932 ton/ha.ano e desvio padrão igual a 31,804 ton/ha.ano. A maior parte da BHRB possui baixa tendência à erosão, o que representa um fator positivo para a conservação dos solos e dos recursos hídricos. Significa, também, que a ocupação antrópica nessa sub-bacia está sendo feita, na maior parte, de forma correta. No entanto, os resultados obtidos podem estar atrelados principalmente às características do relevo para cada fator uso e manejo do solo e práticas conservacionistas associado. Embora as perdas de solo sejam consideradas baixas na maior parte da BHRB, uma boa parte possui tendência muito alta à erosão. Assim, são necessárias medidas que visem à proteção dos solos nas áreas com maior tendência erosiva, bem como a continuidade de estudos voltados à conservação e manejo dos solos na BHRB.

**Palavras-chave:** manejo do solo, ocupação antrópica, perda de solo, sistema de informação geográfica.

### 1. Introdução

Ao longo dos últimos anos, a conscientização da necessidade de compreender a inter-relação entre as atividades humanas e o meio ambiente vem crescendo. A dinâmica da mesma é constantemente alterada por atividades antrópicas, as quais vêm acentuando processos naturais ou criando novos, com graves consequências de ordem natural, social e econômica. Essa dinâmica interfere diretamente no processo erosivo e, dentro desse contexto, os estudos geoambientais podem se tornar grandes colaboradores, tanto como fonte de dados como no auxílio direto à resolução, previsão, planejamento ou prevenção de problemas ambientais (BENDA; ALVES; CORRÊA, 2007).

No entanto, a carência de estudos do comportamento erosivo dos solos brasileiros, em diferentes condições naturais e em diferentes manejos, é um dos maiores obstáculos para a concepção e a melhoria dos modelos para as condições tropicais (CORRÊA et al., 2016). Assim,



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

foi escolhida a sub-bacia hidrográfica do ribeirão Bateia (BHRB) para a análise da susceptibilidade atual à erosão, por conta da carência de estudos voltados à essa temática considerando essa sub-bacia como unidade de estudo.

Dessa forma, o objetivo da pesquisa foi analisar a vulnerabilidade atual à erosão na BHRB, como forma de auxiliar em melhorias referentes à conservação dos solos aliada ao planejamento antrópico nessa região.

## 2. Fundamentação teórica

A ocupação e o manejo inadequados em bacias hidrográficas vêm alcançando níveis críticos em todo o mundo, refletindo em grandes prejuízos para a fauna e flora, dependendo das características físicas e da capacidade de recomposição vegetal desses ambientes (COSTA; SILVA, 2012).

A degradação dos solos é um problema que influencia todo o mundo e representa um fenômeno de grande importância, em razão da rapidez com que se processa e pelo fato de acarretar grandes prejuízos para diversas atividades econômicas e para o meio ambiente (EDUARDO et al., 2013). A erosão laminar é um fenômeno desencadeado pelo desprendimento e arraste das partículas da camada superior do solo, sendo provocada pela ação direta da precipitação pluviométrica sobre um solo desprotegido (BORTOLETTO, 2005). A erosão representa uma das principais causas de degradação dos solos, em função da remoção da matéria orgânica e nutrientes da camada superior, proporcionando a conseqüente redução da produção de alimentos e da qualidade da água (CORRÊA et al., 2017). O processo erosivo provoca, por exemplo, redução da porosidade do solo, assim como da sua capacidade de retenção e infiltração de água, com conseqüente aumento do escoamento superficial, do transporte de sedimentos e assoreamento de corpos hídricos (DURÃES; MELLO, 2016).

Nesse sentido, com o passar dos anos, diversos modelos matemáticos foram propostos como forma de estudar a dinâmica erosiva em diversas regiões do Planeta. Um dos modelos propostos é a chamada Equação Universal de Perda dos Solos (EUPS). Criada por Wischmeier e Smith (1962), se constitui em um modelo empírico, baseado em grandes bases de dados de campos, que estimam a erosão distribuída e concentrada com base em valores a quatro grandes fatores intervenientes no processo erosivo: erosividade climática, erodibilidade dos solos, topografia e uso e manejo da terra (WARD; ELLIOT, 1995). A equação exprime a ação dos principais fatores que influenciam a erosão hídrica, sendo expressa em função de seis variáveis ambientais e de manejo (CEMIN et al., 2013).

A EUPS integra parâmetros ambientais, pode ser implementada em Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) e prevê o aporte de sedimentos em bacias hidrográficas (CORRÊA et al., 2017). Ela é composta por fatores naturais e antrópicos. Erosividade da chuva, erodibilidade do solo e fator topográfico representam os fatores naturais. Uso e manejo do solo e práticas conservacionistas compõem os fatores antrópicos. Este modelo permite quantificar a erosão, o que facilita o planejamento conservacionista (RORIZ et al., 2016). A perda de solo estimada pela EUPS considera, além de fatores naturais, aqueles decorrentes da intervenção antrópica, como o tipo de manejo do solo e as práticas conservacionistas adotadas, o que a torna adequada e ideal para obtenção de estimativa de perdas de solos em áreas agrícolas (MORAIS; SALES, 2017).



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

As bacias hidrográficas reúnem os elementos indispensáveis para a análise da perda de solo utilizando a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), uma vez que as variáveis empregadas neste modelo matemático ficam melhor representadas e delineadas em escala local e regional (PEREIRA; SANTOS; SOUSA, 2017). A adoção da micro bacia hidrográfica como unidade espacial de estudos possibilita uma pesquisa mais detalhada, permitindo a identificação das características gerais dessa unidade. Dessa forma, possibilita um estudo das áreas produtoras de sedimentos oriundos da erosão laminar (BORTOLETTO, 2005).

As bacias hidrográficas são unidades espaciais de dimensões variadas, onde se organizam os recursos hídricos superficiais em função das relações entre as estruturas geológica e geomorfológica e as condições climáticas. Por isso, as bacias hidrográficas vêm sendo adotadas como áreas preferenciais para o planejamento dos recursos hídricos. Nas últimas décadas, com a modernização dos modelos de gestão da água, o planejamento em nível de bacia hidrográfica passou a incorporar o conceito de sustentabilidade (CARVALHO, 2014).

O uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) na avaliação e no monitoramento ambiental em bacias hidrográficas possui grande eficiência no que concerne à caracterização das áreas em seus aspectos físicos e na quantificação da erosão laminar. Através da EUPS, é possível não apenas quantificar isoladamente seus fatores, mas também estimar as perdas de solo anuais por erosão laminar (TOMAZONI; GUIMARÃES, 2005). A aplicação da EUPS com o uso das geotecnologias apresenta resultados satisfatórios de identificação e estimativa de perda de solo, permitindo visualização das áreas com processo erosivo mais intenso. Logo, os SIG's representam uma poderosa ferramenta para mapear e avaliar grandes áreas, tornando-se muito útil e economicamente viável, tanto para definição de políticas públicas voltadas ao gerenciamento e planejamento do uso de solos quanto para a avaliação, conservação e manejo de solos (RORIZ et al., 2016).

### 3. Metodologia

A BHRB está localizada na zona rural do município de Castelo, na mesorregião Sul do Estado do Espírito Santo. Com uma área de 37,75 km<sup>2</sup>, possui a cafeicultura e a pecuária como as principais atividades econômicas. 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 apresenta a localização da área analisada.



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

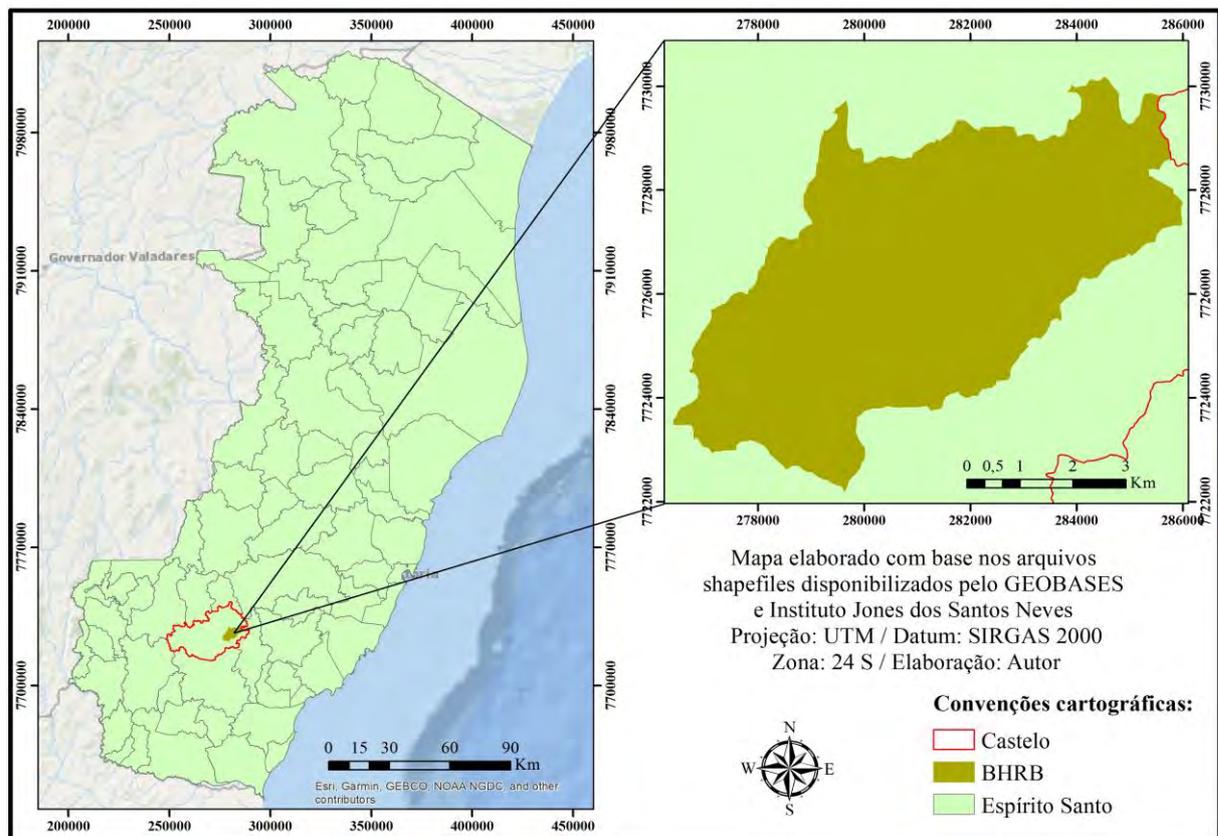


Figura 1 – Localização da BHRB. Fonte: Adaptado de GEOBASES (2020) e Instituto Jones dos Santos Neves (2020).

Os procedimentos ocorreram no programa computacional ArcGIS®. Para isso, os bancos de dados cartográficos digitais foram adquiridas nos sítios eletrônicos do Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES), da Agência Nacional de Águas (ANA) e do Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN). 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 BHRB a partir dos seguintes procedimentos, conforme Santos, Louzada e Eugênio (2010): aquisição de curvas de nível da região junto ao GEOBASES e seu posterior recorte para a área estudada; geração do Modelo Digital de Elevação (MDE); correção do MDE (para preencher possíveis depressões que poderiam atrapalhar o escoamento hídrico); delimitação dos fluxos de direção (*flow direction*) e de acumulação (*flow accumulation*) da drenagem; identificação do exutório da BHRB; 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 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 deve ser calculado 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), acerca de uma estação pluviométrica localizada no município de Castelo (ES), com uma série histórica de 74 anos e coordenadas geográficas iguais a: S 20°36'20.16" / W 41°11'58.92". Foi considerada essa estação devido à ampla série histórica pluviométrica existente.

Através do MDE da área estudada, foi gerado o mapa de declividade, em graus, 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 fator topográfico (LS) da equação foi gerado a partir da geração de dois mapas. O mapa do fator L foi obtido com auxílio do método de Desmet e Govers (1996), McCool, Brown e Foster (1987) e McCool et al. (1989), através das equações (3), (4) e (5).

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

$$m = \frac{F}{1 + F} \quad (4)$$

$$L = \frac{[A + D^2]^{(m+1)} - A^{m+1}}{x^m D^{m+2} (22,13)^m} \quad (5)$$



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:  $D$  = tamanho do pixel;  $A$  = fluxo acumulado da drenagem (*flow accumulation* - obtido no ArcGIS®, a partir do MDE da área e da posterior obtenção da direção do fluxo de drenagem);  $C$  = declividade (expressa e convertida em radianos);  $x$  = coeficiente de forma (adotado  $x = 1$ , para sistemas compostos por pixels, como foi o caso desta pesquisa);  $m$ ,  $F$  = coeficientes (adimensional).

Em seguida, foi gerado o mapa do fator  $S$ , pelo algoritmo de McCool, Brown e Foster (1987) e McCool et al. (1989), partindo das seguintes condições, considerando a declividade  $C$ :

- quando  $\tan C < 0,09$ , adotar  $S = 10,8 \sin(C) + 0,03$  e;
- quando  $\tan C \geq 0,09$ , adotar  $S = 16,8 \sin(C) + 0,5$ .

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 devido 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 da BHRB e, em seguida, pela consulta dos dados numéricos para cada tipo diferente conforme Corrêa, Moraes e Pinto (2015) e Demarchi e Zimback (2014).

O fator de uso e manejo dos solos ( $C$ ) é a relação esperada entre as perdas do solo de uma área cultivada e as perdas correspondentes de um solo na mesma área, mantendo o solo descoberto e cultivado (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999). O fator prática conservacionista ( $P$ ) é definido como a relação entre a intensidade esperada de perdas com determinada prática conservacionista e aquelas quando a cultura está plantada no sentido do declive (morro abaixo) (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999). Inicialmente, com auxílio do portal eletrônico do GEOBASES, foram adquiridas feições (arquivos vetoriais) de uso e ocupação do solo referentes ao mapeamento feito nos anos de 2012 a 2015, em escala igual ou melhor a 1:25000, de acordo com o próprio GEOBASES. Em layout do ArcGIS®, as classes de uso e ocupação foram identificadas para a BHRB. Os fatores  $C$  e  $P$  foram obtidos através de Stein et al. (1987), Silva (2004) e Martins et al. (2010), para cada classe de uso e ocupação do solo presente na BHRB.

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 Beskow et al. (2009).

#### 4. Resultados

O fator  $R$  obtido foi igual a  $6.454,68 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ . Segundo a classificação de Carvalho (2008), o valor obtido é classificado como “moderado a forte”. A Tabela 1 contém os valores adotados referente ao produto da multiplicação do fator  $CP$  (práticas conservacionistas e uso e ocupação dos solos). E a Tabela 2 apresenta a descrição dos tipos de solo e seus respectivos



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

valores de K (erodibilidade do solo) consultados na literatura.

Tabela 1 – Valores de CP adotados para cada classe de uso e ocupação do solo identificada

<b>Classe (uso e ocupação de solo)</b>	<b>Fator CP</b>
Afloramento rochoso	0
Campo rupestre/altitude	0,01
Cultivo agrícola – banana	0,25
Cultivo agrícola – café	0,25
Outros cultivos permanentes	0,25
Outros cultivos temporários	0,20
Extração (Mineração)	0
Macega	0,01
Vegetação nativa	0,00013
Vegetação nativa em estágio inicial de regeneração	0,00013
Outras classes	0
Pastagem	0,025
Reflorestamento – eucalipto	0,0026
Solo exposto	1

Fonte: Stein et al. (1987); Silva (2004); Martins et al. (2010).

Tabela 2 – Valores de fator K adotados para cada tipo de solo identificado

<b>Tipo de solo</b>	<b>Fator K</b>	<b>Área (%)</b>
Cambissolo háplico	0,036	93,282
Latossolo amarelo	0,041	0,318
Argissolo vermelho	0,044	6,400

Fonte: Corrêa, Moraes e Pinto (2015); Demarchi e Zimback (2014).

Portanto, foram identificadas 13 classes de uso e ocupação do solo, com fator CP variando de 0 a 1, e três tipos de solos, com fator K variando de 0,036 a 0,044. A Figura 2 e a Tabela 3 apresentam, respectivamente, o mapa e a 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 2 – Mapa de erosão atual da BHRB

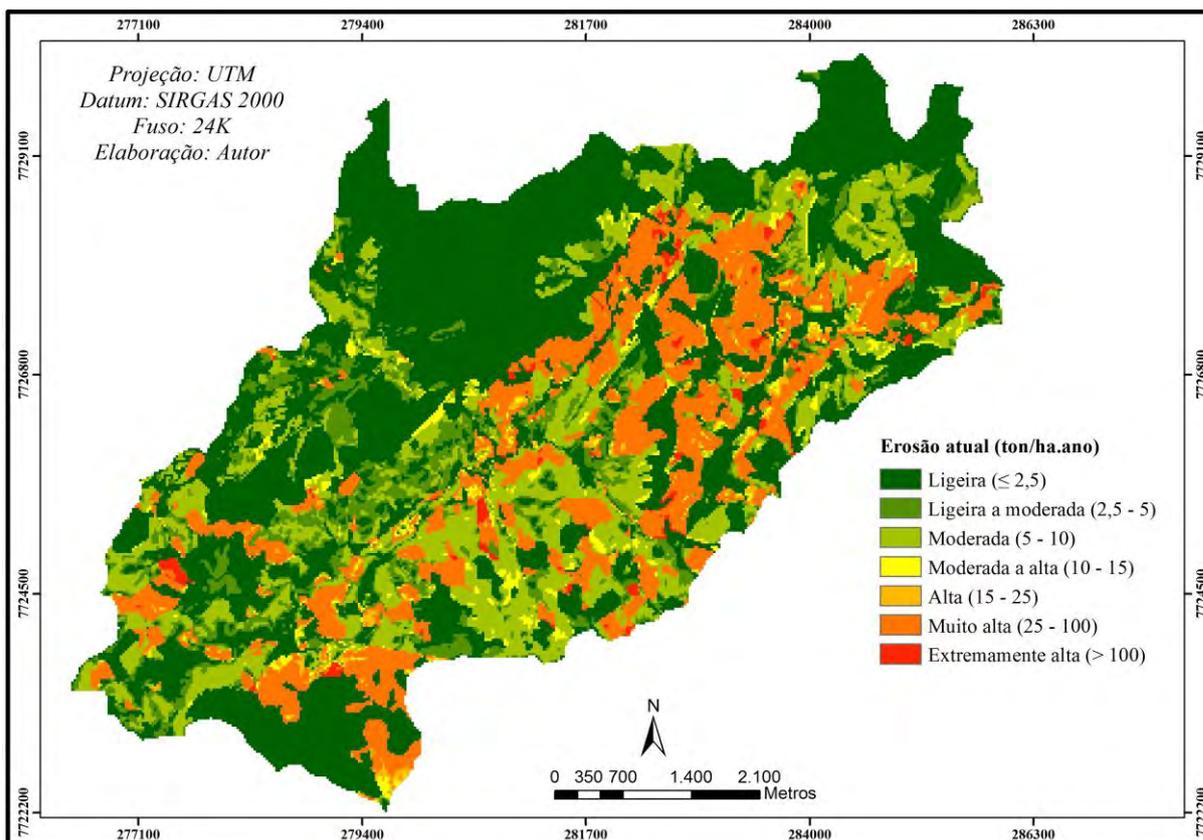


Tabela 3 – Área (%) para cada classe de intensidade à erosão

Classe (ton/ha.ano)	Área (%)	Área acumulada (%)
Ligeira ( $\leq 2,5$ )	50,123	50,123
Ligeira a moderada (2,5 – 5)	13,046	63,169
Moderada (5 – 10)	15,613	78,782
Moderada a alta (10 – 15)	1,280	80,062
Alta (15 – 25)	1,520	81,582
Muito alta (25 – 100)	17,338	98,920
Extremamente alta ( $> 100$ )	1,080	100,000



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

Os valores de erosão atual na BHRB variam de 0 ton/ha.ano a 1042,449 ton/ha.ano, com média aritmética de 13,932 ton/ha.ano e desvio padrão igual a 31,804 ton/ha.ano.

## 5. Conclusões

A maior parte da BHRB possui baixa tendência à erosão, o que representa um fator positivo para a conservação dos solos e dos recursos hídricos dessa região. Significa, também, que a ocupação antrópica nessa sub-bacia está sendo feita, na maior parte, de forma correta. No entanto, os resultados obtidos podem estar atrelados principalmente às características do relevo para cada fator CP (uso e manejo do solo e práticas conservacionistas) associado. A declividade e o comprimento de rampa são determinantes na velocidade do escoamento superficial e no potencial de transporte das partículas de solo. Sendo assim, aquelas áreas que apresentam maior declividade e comprimento de rampa acentuado, são as que apresentam maior potencial a sofrerem com os processos erosivos (CEMIN et al., 2013). No caso da BHRB, a maior parte das áreas declivosas não necessariamente está ocupada por alguma forma de ocupação antrópica (como pastagem ou cultivo agrícola), o que contribui para haver baixas perdas de solo. A presença, por exemplo, de cultivos agrícolas em declividades elevadas (em locais considerados como Área de Preservação Permanente – APP) favorece a perda de solos (FIORESE; TORRES, 2019).

Embora as perdas de solo sejam consideradas baixas na maior parte da BHRB, uma boa parte possui tendência muito alta à erosão. Nesses locais, deve-se haver muita atenção quanto à manutenção de uma cobertura vegetal capaz, de fato, proteger o solo. Durães e Mello (2016), em estudos realizados na bacia hidrográfica do rio Sapucaí, verificaram que, nas áreas onde a erosão atual é classificada como “muito alta”, há predomínio de pastagem e também plantios degradados de eucalipto. Essas áreas, se não forem adequadamente manejadas, podem apresentar processos erosivos importantes. Na BHRB, a presença da intensidade “muito alta” à erosão atual pode ser atribuída à ocupação por atividades antrópicas associada às características naturais, principalmente o relevo. Nas áreas agrícolas, os problemas ambientais relevantes estão concentrados na degradação do solo e na erradicação da cobertura vegetal natural. Tais transtornos são provocados principalmente pelo mau planejamento e uso agrícola, que acelera a erosão hídrica nas bacias hidrográficas e poluem os rios com material particulado, adubos e pesticidas (TOMAZONI; GUIMARÃES, 2005).

Nesse sentido, para o controle do processo erosivo laminar, é necessária a readequação do uso da terra, através de uma sistematização dentro de suas potencialidades naturais. Esse procedimento pode ser realizado de duas formas básicas: a primeira delas é pela readequação do uso, adotando-se coberturas que sejam capazes de proteger adequadamente o solo; e a outra é a adoção de práticas conservacionistas mecânicas, que fragmentem o comprimento de rampa e diminuam, dessa forma, o espaço de circulação superficial da água (TOMAZONI; GUIMARÃES, 2005). A manutenção da cobertura vegetal do solo principalmente nas zonas montanhosas ou o reflorestamento e monitoramento das mudanças que ocorrem no solo são as principais estratégias a serem consideradas (CUMBANE; MADEIRA; ABRANTES, 2015). Portanto, tais medidas são necessárias na BHRB, principalmente nas áreas com tendência muito alta à erosão hídrica. Nas propriedades rurais com referida tendência, também é relevante a



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

conscientização por parte dos produtores rurais acerca da vulnerabilidade de suas terras à erosão e das técnicas conservacionistas mais adequadas.

Assim, os objetivos inicialmente estabelecidos foram atendidos para esta pesquisa. No entanto, este trabalho possui algumas limitações, por não envolver, por exemplo, pesquisas de campo, o que trariam resultados mais precisos. Nesse sentido, é de extrema importância a continuidade desta pesquisa, através, por exemplo, de trabalhos voltados a técnicas de manejo atualmente empregadas pelos produtores rurais da região, bem como análises físicas dos solos e dos impactos do manejo do solo na qualidade dos recursos hídricos locais.

## 6. Agradecimentos

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

## 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 28 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.

BENDA, F.; ALVES, M. da G.; CORRÊA, F. de P. Carta de potencial à erosão laminar utilizando sistema de informação geográfica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 2307-2314.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** 4. ed. São Paulo: Icone, 1999.

BESKOW, S.; MELLO, C. R.; NORTON, L. D.; CURTI, N.; VIOLA, M. R.; AVANZI, J. C. Soil erosion prediction in the Grande River Basin, Brazil using distributed modeling. **Catena**, Amsterdam, v. 79, n. 1, p.49-59, out. 2009.

BORTOLETTO, K. C. **Aplicação de SIG na estimativa da produção de sedimentos por erosão laminar em microbacias hidrográficas com floresta plantada e com floresta natural.** 2005. 78 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

BUENO, C. R. P.; ARRAES, C. L.; MIQUELONI, D. P. Aplicação do sistema de informação geográfica para determinação do fator topográfico em bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 4, n. 2, p. 30-47, 2011.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática.** 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.



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

CARVALHO, R. G. de. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n. 36, p. 26-43, 2014.

CEMIN, G.; PÉRICO, 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.

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.

CORRÊA, E. A.; MORAES, I. C.; PINTO, S. dos A. F.; LUPINACCI, C. M. Perdas de solo, razão de perdas de solo e fator cobertura e manejo da cultura de cana-de-açúcar: primeira aproximação. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, v. 32, p. 72-87, 2016.

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 APLICADA, 17., 2017, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto de Geociências da UNICAMP, 2017. p. 4654-4664.

COSTA, S. G. F.; SILVA, R. M. Potencial natural e antrópico de erosão na bacia experimental do Riacho Guaraíra. **Cadernos do Logepa**, v. 7, n. 1, p. 72-91, 2012.

CUMBANE, B. L.; MADEIRA, M. A. V.; ABRANTES, M. da G. Aplicação de Sistemas de Informação Geográfica para a determinação do Potencial Natural de Erosão dos solos no Distrito de Sussundenga – Moçambique. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35., 2015, Natal. **Anais...** Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 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.

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.

DURÃES, M. F.; MELLO, C. R. de. Distribuição espacial da erosão potencial e atual do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí, MG. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 4, p. 677-685, out./dez. 2016.

EDUARDO, E. N.; CARVALHO, D. F.; MACHADO, R. L.; SOARES, P. F. C.; ALMEIDA, W. S. de. Erodibilidade, fatores cobertura e manejo e práticas conservacionistas em argissolo vermelho-amarelo, sob condições de chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 3, p. 796-803, mai./jun. 2013.

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

FIGLIANO, C. H. U.; TORRES, H. Survey of current and potential soil erosion through the Universal Soil Loss Equation (USLE) for the municipality of Castelo-ES, Brazil. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v. 6, n. 7, p. 655-669, jul. 2019.

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. 2020. **IEMA – mapeamento ES – 2012-2015**. In: <https://geobases.es.gov.br/links-para-mapas1215> (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 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.

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; AVANZI, J. C.; CURTI, N.; FONSECA, S. Fator cobertura e manejo do solo e perdas de solo e água em cultivo de eucalipto e em Mata Atlântica nos Tabuleiros Costeiros do estado do Espírito Santo. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 87, p. 517-526, 2010.

MCCOOL, D. K.; BROWN, L. C.; FOSTER, G. R. Revised slop 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. et al. Revised slope length factor for the Universal Soil Loss Equation. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v. 32, p. 1571-1576, 1989.

MORAIS, R. C. de S.; SALES, M. C. L. Estimativa do Potencial Natural de Erosão dos Solos da Bacia Hidrográfica do Alto Gurguéia, Piauí-Brasil, com uso de Sistema de Informação Geográfica. **Caderno de Geografia**, v. 27, n. 1, p. 84-105, 2017.

PEREIRA, M. R. D.; SANTOS, A. A. dos.; SOUSA, S. B. de. Aplicação da Equação Universal de Perda de Solo (EUSP) na previsão a erosão hídrica na bacia hidrográfica do córrego Francisquinha – Porto Nacional - TO. **Revista Tocantinense de Geografia**, Araguaína, n. 10, p. 100-112, mai./ago. 2017.

RORIZ, J. O. da S.; AOKI, A. I.; SOUZA, L. C. D. de.; AVELINO, M. C. G. S.; FONZAR, G. M. B. Uso da equação USLE em SIG na identificação e quantificação da erosão laminar. **Revista Conexão Eletrônica**, Três Lagoas, v. 13, n. 1, 2016.

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, V. C. Estimativa da erosão atual da bacia do Rio Paracatu (MG/GO/DF). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n. 3, p. 147-159, 2004.



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

STEIN, D. P.; DONZELLI, P. L.; GIMENEZ, A. F. PONÇANO, W. L. LOMBARDI NETO, F. Potencial de erosão laminar, natural e antrópico na Bacia do Peixe-Parapanema. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROÇÃO, 4., 1987, Marília. **Anais...** Marília: ABGE/DAEE, 1987.

TOMAZONI, J. C.; GUIMARÃES, E. A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na bacia do Rio Jirau. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 57, p. 235-244, 2005.

WARD, A. D.; ELLIOT, W. J. **Environmental hidrology**. New York: Lewis Publishers, 1995.

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