



GEOPROCESSAMENTO APLICADO COMO FORMA DE IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS SENSÍVEIS À ERODIBILIDADE DO SOLO EM BACIA HIDROGRÁFICA

Alessandro Xavier da Silva Júnior, Unesp - ICTS, alessandro.junior@unesp.br

Leticia Tondato Arantes, Unesp - ICTS, leticia.tondato@unesp.br

Arthur Pereira dos Santos, Universidade Estadual Paulista, arthur.p.santos@unesp.br

Henzo Henrique Simionatto, Universidade Estadual Paulista, henzo.h.simionatto@unesp.br

Ana Laura de Paula, Universidade Estadual Paulista, al.paula@unesp.br

Darllan Collins da Cunha e Silva, Universidade Estadual Paulista, dalan.collins@unesp.br

Resumo

A erosão do solo é um problema global amplamente reconhecido, representando um dos impactos ambientais mais prejudiciais à humanidade. Para quantificar a perda de solo, utiliza-se a *Universal Soil Loss Equation* (USLE), composta pelo fator de erodibilidade do solo (fator K), sendo uma das variáveis mais importantes para tal. Nesse sentido, este estudo visa avaliar o fator K na Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabaçu (BHRS) para fornecer informações aos tomadores de decisão. Amostras de solo foram coletadas e analisadas de acordo com a metodologia do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), e o fator K foi calculado indiretamente, por meio da equação de Bouyoucos. A distribuição espacial da erodibilidade foi mapeada usando o interpolador IDW. O valor médio do fator K na BHRS foi de $0,012 \text{ t.ha.h.ha}^{-1}.\text{MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}$. No entanto, valores elevados foram observados no sudeste da BHRS, onde a declividade é alta e o uso inadequado do solo é comum, corroborando a influência desses fatores juntamente com a pedologia da área. Os resultados deste estudo podem apoiar gestores públicos e órgãos agrícolas e ambientais na identificação de áreas prioritárias para práticas agrícolas e na gestão de áreas com alto risco de erodibilidade do solo, mediante a práticas de conservação do solo.

Palavras-chave: USLE, Fator K, Erosão do solo, BHRS.

1. Introdução

A erosão do solo é amplamente reconhecida como um problema global, sendo decorrente de inúmeros aspectos negativos e se tornando, cada vez mais, um dos impactos ambientais mais prejudiciais ao ser humano (WANG et al., 2016). No entanto, apesar de cada tipo de solo apresentar características intrínsecas que contribuem para uma maior susceptibilidade natural ao desencadeamento dos processos erosivos, geralmente, a erosão do solo de forma acelerada possui estreita relação com as formas de manejos adotadas, principalmente em áreas destinadas a produção agrícola (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2005; MIGUEL et al., 2017), re-



sultando na remoção da camada superficial do solo e no comprometimento da qualidade dos recursos hídricos.

Diante da problemática apresentada e da importância de um maior entendimento acerca de questões relacionadas aos processos erosivos, diversas pesquisas têm buscado métodos de avaliação de perdas de solos, obtendo resultados que sejam utilizados como importante ferramenta para o planejamento agrícola e ambiental, visando orientar os tomadores de decisão em respeito ao adequado manejo do solo em relação aos seus diversos tipos de uso, de forma a minimizar as perdas de solos, principalmente em bacias hidrográficas (LIMA et al., 2019; TIECHER et al., 2017).

Nesse contexto, Sá et al. (2004) destaca que, dentre esses métodos de avaliação, destaca-se o de predição indireta, denominado fator de erodibilidade do solo (fator K), presente no modelo de Equação Universal de Perda do Solo (USLE), em que a erodibilidade representa o efeito integrado dos processos que regulam a infiltração de água no solo, a sua degradação decorrente do impacto da gota da chuva e a resistência do solo à desagregação e ao transporte de partículas, sendo tais, responsáveis pelo tipo de resposta do solo em relação aos processos de erosão (VIEL et al., 2017).

Ainda, o conhecimento da variabilidade espacial do fator K também assume grande importância para a identificação das áreas mais sensíveis aos processos erosivos (LIMA et al., 2019). De tal modo, o uso do Sistema de Informação Geográfica (SIG), em conjunto com as técnicas de geoprocessamento, têm sido amplamente utilizados para essa finalidade, permitindo estimar valores para locais não amostrados dentro de uma mesma área amostral (SILVA et al., 2017; SIMONETTI et al., 2018).

Portanto, a espacialização da erodibilidade em bacias hidrográficas surge como uma importante ferramenta de planejamento, fornecendo a identificação das áreas mais susceptíveis aos processos erosivos. Diante dessa importância, o presente trabalho objetiva avaliar a erodibilidade do solo, por meio do fator K, da Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabaçu (BHRS), de forma a se obter um produto capaz de subsidiar os gestores agrícolas, ambientais e público da região em relação às áreas que possuem maior e menor capacidade de erodibilidade, afetando diretamente na produção agrícola local.

2. Fundamentação teórica

O solo é um dos recursos naturais que se encontra disponível na superfície terrestre, no qual se demonstra essencial para o desenvolvimento de grande parte das atividades antrópicas, entre elas e essencial a produção de alimentos (GALLARDO, 1988).

Sua formação é resultada da ação de cinco fatores, dentre eles estão: material original (rocha); o clima, através das variáveis umidade e a temperatura, que justificam a ação das reações do intemperismo; o relevo, que trabalha como um controlador da quantidade de água que infiltra; o tempo que o material fica exposto; e por fim, os organismos vivos, que atuam



na decomposição e transformação da rocha, tal como, o fornecimento de matéria orgânica (REICHARDT & TIMM, 2012; BRADY & WEIL, 2013).

Para tal, segundo Wischmeier e Smith (1978) desenvolveram a Equação Universal de Perdas de solo, que expressa a quantidade de perda média anual do solo e, que pode haver sua intensificação do tipo do uso e cobertura do solo (COLODRO et al., 2002). Adiante, esta equação foi revisada e nomeada como Equação Universal de Perdas de Solo (RUSLE), a mesma se utiliza de algoritmos para o cálculo de perda de solo e considera conceitos de base física para determinação de alguns dos seus componentes em ambiente computacional (BERNINI, 2012).

Como citado anteriormente, a equação para estimar a quantidade total de sedimentos erodidos anualmente na bacia, esta produção total de sedimentos tenta ser entendida pelos acontecimentos do processo de erosão, ou seja, erosão laminar, erosão entre sulcos, pelos movimentos de massa e desprendimentos do canal (PULIDO GOMÉZ, 2012).

A erosão do solo é um problema natural, porém intensificado com as atividades antrópicas. Segundo Leite et al. (2019), a ocorrência desse processo é influenciada por diversos fatores relacionados ao tipo de solo e à inclinação da encosta. Esses fatores são agravados pela remoção da cobertura vegetal devido às atividades humanas, geralmente realizadas de forma irregular e desordenada para fins de ocupação e habitação. Quando ocorrem chuvas intensas, há uma maior probabilidade de saturação do solo e ruptura, uma vez que a vegetação, responsável por auxiliar na coesão do solo, foi removida, facilitando a infiltração e o acúmulo de água.

Outrossim, no contexto dos aspectos físicos, o conceito de erosão, conforme abordado por Costa (2020), está intrinsecamente associado ao desgaste do solo mediante a mobilização de seus componentes constituintes, promovida por agentes geológicos, notadamente a água e o vento. A erosão compreende, de modo essencial, a desagregação e o transporte de partículas do solo, os quais resultam da ação da água e do vento, sendo que a intensidade desse processo é determinada por fatores que englobam as precipitações pluviométricas, a capacidade de infiltração do solo, a inclinação do terreno, a presença de cobertura vegetal e as características do próprio solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012).

Sendo assim, dentre todos os fatores que compõe a equação de perda de solos, está o fator de erodibilidade do solo, no qual representa a susceptibilidade do solo em ser erodido, ou, o grau de resistência natural do solo ao processo erosivo (CONCEIÇÃO, 2014).

Destarte, como o fenômeno da erosão está intimamente ligado à queda da produtividade agrícola, muitos estudos vêm sendo realizados para melhor entendimento do fenômeno ou ainda no desenvolvimento de técnicas de recuperação do potencial produtivo, em função do processo erosivo (SILVA et al., 2003).

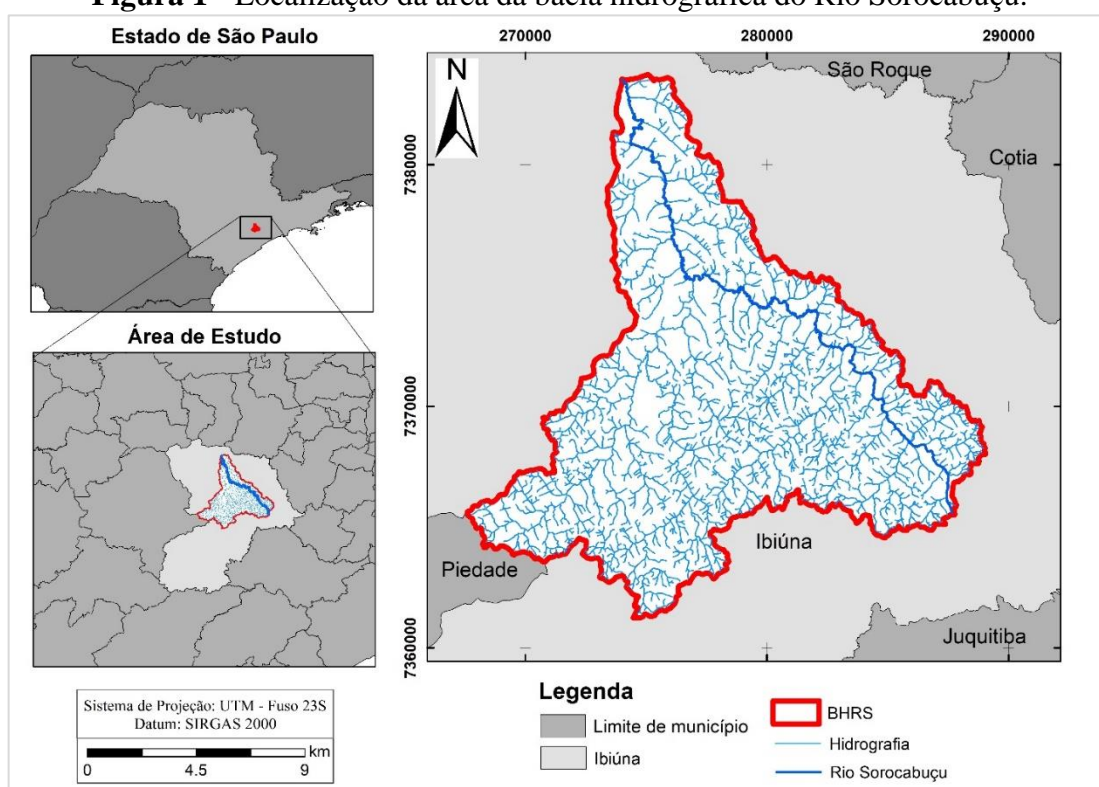


3. Metodologia

3.1. Área de estudo

A BHRS (Figura 1) pertence a região do Alto Rio Sorocaba, integrada à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos dos rios Sorocaba e Médio Tietê (UGRHI- 10). Está localizada na região sudeste do estado de São Paulo, com uma área de aproximadamente 202 km², estando inserida, em sua totalidade, no município de Ibiúna, que possui uma população de aproximadamente 75 mil habitantes e uma área territorial de 1.060 km² (IBGE, 2023).

Figura 1 - Localização da área da bacia hidrográfica do Rio Sorocabuçu.



Fonte: Autores (2023).

O Rio Sorocabuçu, em conjunto com o Rio Sorocamirim, dá origem ao Rio Sorocaba, apresentando grande importância na formação da represa de Itupararanga, uma vez que o reservatório é a principal fonte de abastecimento de água e energia da Região Metropolitana de Sorocaba (RMS) (SIMONETTI et al., 2017).



A pedologia na BHRS é predominantemente marcada pelo Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) e Gleissolo Melânico (GM1), correspondendo respectivamente a 89% e 10% da área de bacia hidrográfica (ROSSI, 2017), e a principal fonte de renda da população residente no local é a atividade agrícola, enfocada na produção de olericulturas (SOUSA et al., 2022).

3.2. Procedimento Metodológico

3.2.1. Elaboração da Base Cartográfica e Análises Físicas do Solo

A coleta de dados referente aos aspectos físicos do solo foi realizada em 28 pontos amostrais, distribuídos regularmente ao longo da BHRS. Em campo, contou-se com o auxílio do GPS, com as coordenadas previamente determinadas em laboratório.

Para tal, considerou-se uma profundidade de 0-20 cm, no qual foi retirado cerca de 500g de solo por meio do uso da escavadeira. Neste ponto, convém destacar que, em cada ponto amostral foi realizado a caracterização ambiental por meio de fotografias.

Posteriormente, as amostras foram identificadas, preparadas e analisadas junto ao Laboratório de Águas e Solos do Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba (ICTS) – UNESP, tendo como base a metodologia e as normas técnicas apresentadas pelo Boletim Técnico 106 do Instituto Agrônomo de Campinas - IAC (IAC, 2009), o qual apresenta estrutura e disponibilidade de equipamentos para que o projeto possa ser desenvolvido.

3.2.2. Fator de Erodibilidade do Solo (fator K)

O fator K para a BHRS foi determinado a partir de um método indireto, em cada ponto amostrado, e por meio da equação de Bouyoucos (MANNINGEL et al., 2002), conforme apresentado pela Equação 1.

$$K = \left(\frac{\%Areia + \%Silte}{\%Argila} \right) \times \frac{1}{100} \quad (1)$$

Onde:

K é o fator de erodibilidade do solo (t.ha.h.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹);

% areia, % silte e % argila representam as porcentagens das respectivas frações de uma amostra de solo.

3.2.3. Distribuição espacial do fator K

Para a distribuição espacial do fator calculado, visando a espacialização das informações obtidas na etapa anterior (Equação 1), utilizou-se o Interpolador de Média Ponderada



pelo Inverso da Distância (*Inverse Distance Weighting* - IDW) (Equação 2). Nesta etapa, utilizou-se o software ArcGis 10.6.

O uso do interpolador IDW com expoente igual a 2 apresentou resultados satisfatórios para estimar a distribuição de atributos físicos dos solos no trabalho desenvolvido por Souza et al. (2010), justificando o seu uso nesse estudo. O método utiliza a combinação de pontos amostrais próximos, de forma que pontos mais próximos apresentam valores similares e exercer maior influência sobre o valor a ser interpolado, enquanto pontos mais distantes são independentes e não exercem influência no resultado (RIGHI; BASSO, 2016).

$$xp = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^2} * xi \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^2} \right)} \quad (2)$$

Onde:

xp refere-se ao atributo interpolado;

xi refere-se ao valor do atributo do i-ésimo ponto de amostragem;

di refere-se distância euclidiana entre o i-ésimo ponto de vizinhança e o ponto amostrado;

n refere-se ao número de amostras.

Feito isso, foi possível classificar a erodibilidade do solo em Baixa, Média e Baixa, conforme apresentado na Tabela 1, conforme apresentado por Silva e Alvares (2005).

Tabela 1 – Classificação da erodibilidade dos solos (Fator k).

Erodibilidade (t.ha.h.ha ⁻¹ .MJ ⁻¹ .mm ⁻¹)	Classes de erodibilidade
<0,0153	Baixa
0,0153 – 0,031	Média
>0,031	Alta

Fonte: Silva e Alvares (2005).

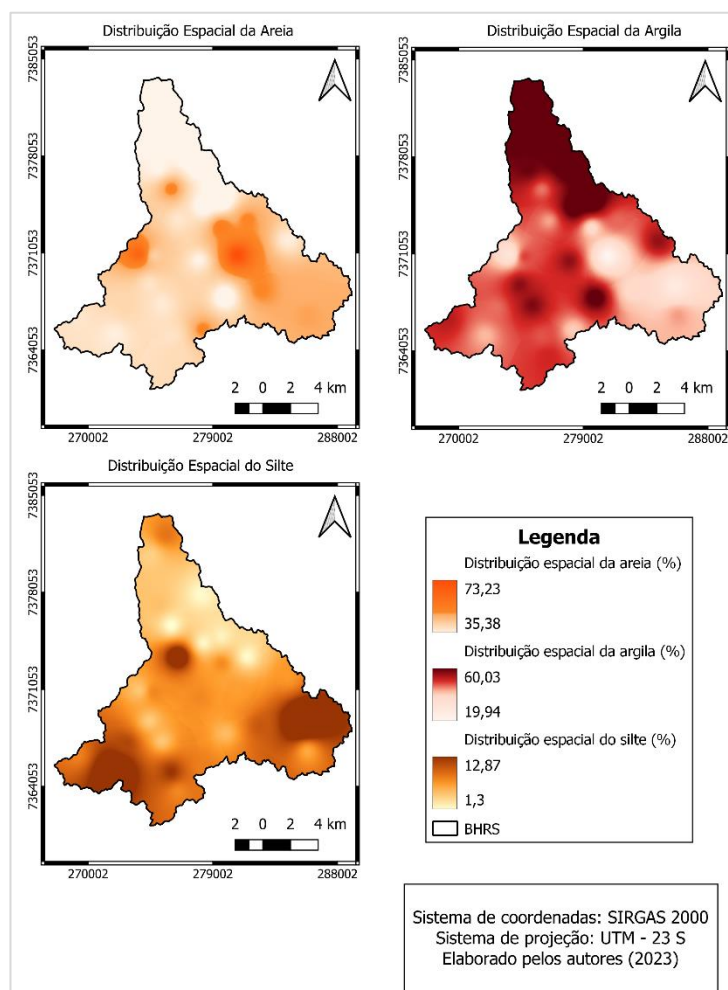
Por fim, foi possível realizar o mapa temático do parâmetro analisado para a BHRS, empregando o software QGis em sua versão 3.28.

4. Resultados

Em relação às análises físicas do solo, os resultados estão dispostos na Figura 2, sendo a espacialização da areia, da argila e do silte demonstrados respectivamente como citados. Ademais, na Tabela 2 está disposta as estatísticas descritivas de cada classe.



Figura 2 – Distribuição espacial da areia, argila e silte na BHRS.



Fonte: Autores (2023).

Tabela 2 – Estatística descritiva para areia, argila e silte.

Frações do solo	Mínimo (%)	Máximo (%)	Média (%)	Desvio Padrão (±)
Areia	25,21	73,23	42,03	7,05
Argila	19,94	73,24	49,72	8,73
Silte	1,21	24,42	8,24	3,78

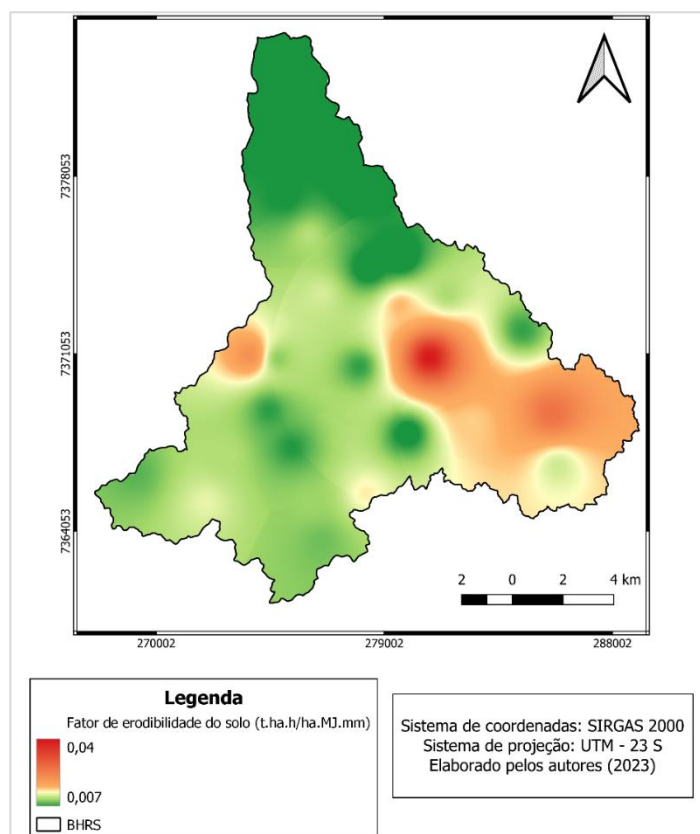
Fonte: Autores (2023).



Mediante a Figura 2, é possível observar a predominância de areia ao sudeste da BHRS, em que os valores variam na faixa de 73,23% a 35,38%, fato este que pode estar relacionado aos processos de evolução natural do solo, como classificado por Rossi (2017), bem como, o tipo de uso e ocupação desse local, que dependendo de sua intensificação, modifica severamente as constantes supramencionadas. No que diz respeito, a espacialização do silte segue o mesmo exposto pela areia, em que ocorre grande parte de sua concentração ao sudeste da bacia, sendo assim, ambas demonstram forte interação para elevação do fator de erodibilidade do solo, uma vez que solos com essas características demonstram pequenas resistências que oferecem ao desprendimento de partículas (MIGUEL et al., 2021). Além do mais, é importante destacar que a topografia desse local é íngreme, sendo caracterizada por ser um dos locais de maior altitude da bacia, o que implica em um manejo adequado do solo, para que não ocorra o arraste de partículas.

Na Figura 3 está disposto o mapa de erodibilidade da BHRS e, na Tabela 3, a estatística descritiva desse parâmetro.

Figura 3 – Fator de Erodibilidade na BHRS.



Fonte: Autores (2023).



Tabela 3 – Estatística descritiva fator de erodibilidade do solo.

Identificação	Mínimo (t.ha.h.ha ⁻¹ .MJ ⁻¹ .mm ⁻¹)	Máximo (t.ha.h.ha ⁻¹ .MJ ⁻¹ .mm ⁻¹)	Média (t.ha.h.ha ⁻¹ .MJ ⁻¹ .mm ⁻¹)	Desvio Padrão (±)
Fator K	0,003	0,040	0,012	0,004

Fonte: Autores (2023).

Com base no comportamento espacial do fator K na BHRS, é possível observar que houve uma alternância de 0,007 t.ha.h.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹ mais ao norte e 0,04 t.ha.h.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹ ao sudeste da bacia hidrográfica, entretanto, mediante a Tabela 3 é possível verificar que o fator k médio em toda BHRS foi de 0,012 com um desvio padrão de 0,004.

Segundo o mapeamento e classificação do solo realizado por Rossi (2017), as características físicas e o processo de evolução dos solos estão diretamente ligados ao fator K, pois de forma notória, apresentou-se com valores entre 0,0153 e 0,031 t.ha.h.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹, sendo então, de forma a classificar a área de estudo com média erodibilidade, que se confirma mediante aos estudos realizados. Entretanto, áreas com erodibilidades classificadas como alta, no qual apresentam fator K maior que 0,031 t.ha.h.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹, são identificadas mais ao sudeste da BHRS e, em pequenos locais, na região sudoeste. Sendo assim, inúmeros problemas ambientais podem decorrer do alto valor encontrado.

Por conseguinte, o fator K não se relaciona somente com a pedologia do solo, mas sim com outros fatores, haja vista que possui características intrínsecas ao tipo de manejo do solo, emergindo da interação das suas propriedades físicas, químicas, mineralógicas e biológicas. Ela se manifesta como a variação na perda de solo quando outros fatores que afetam a erosão permanecem inalterados, sendo particularmente influenciada por aquelas características que impactam a capacidade de infiltração e permeabilidade do solo, bem como sua habilidade de resistir ao desprendimento e ao transporte de partículas pela ação da chuva e da enxurrada, como propriamente dita como erosão (LOMBARDI NETO; BERTONI, 1975).

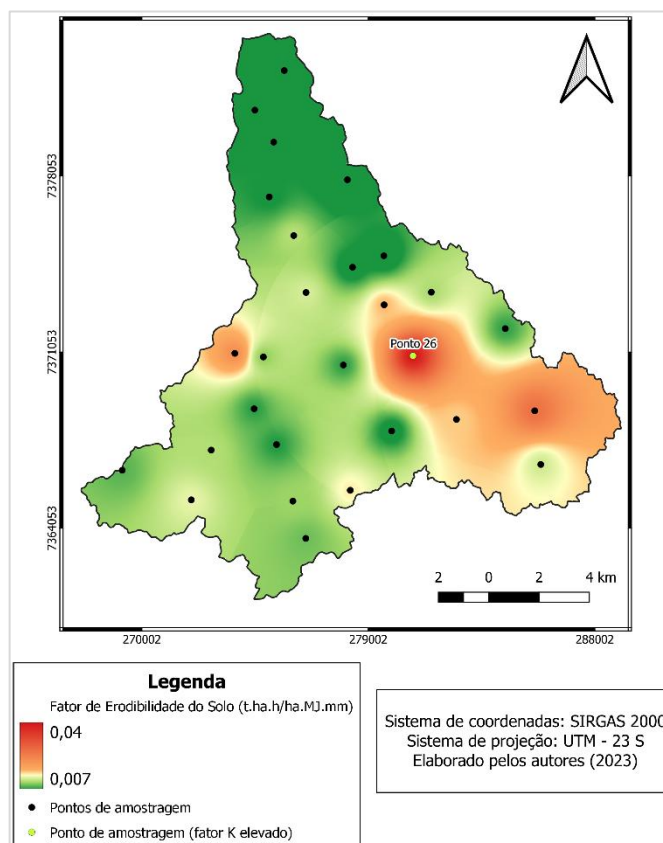
Sendo assim, a erosão pode ocasionar nos movimentos de massa, que por sua vez, dependendo da sua magnitude, ocasiona em solos inférteis e improdutivos, uma vez que, o solo perde totalmente sua camada de desenvolvimento (horizonte A) (BASSO, 2018). Além do que, outro impacto decorrente do processo de erosão é o assoreamento dos corpos hídricos, o qual se dá pelo acúmulo de sedimentos, podendo influenciar a vida aquática, a morfologia do canal e a qualidade da água. Segundo o estudo realizado por Menezes (2010), a intensificação das atividades antrópicas valida o alto assoreamento que os corpos hídricos vêm sofrendo, o qual se relaciona evidencialmente com o fator de erodibilidade do solo, tal como conseguinte, os processos de erosão.



Destarte, as variações encontradas no fator K do solo na porção sudeste da BHRS mediante a Figura 3, podem ser justificadas por meio dos estudos realizados por Costa (2020), no qual é apresentado espacialmente os fatores determinísticos para a erodibilidade do solo, sendo eles, a declividade e o uso e ocupação do solo.

Paixão (2021) destaca que é plausível a integração entre a declividade e o uso da terra e cobertura vegetal na parte sudeste da bacia, no qual é predominante declividades no entorno de 20% a 45%, bem como existe uma grande incidência de campos, áreas de reflorestamento e exclusivamente área de mineração, que comprovam valores elevados para a erodibilidade do solo e podem ser verificadas através da localização do ponto de amostragem 26 bem como, a partir da Tabela 4 nos quais contém fotografias dos pontos cardeais realizadas no dia da coleta de solo.

Figura 4 – Mapa de erodibilidade com identificação do ponto com o fator K elevado da BHRS.



Fonte: Autores 2023.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

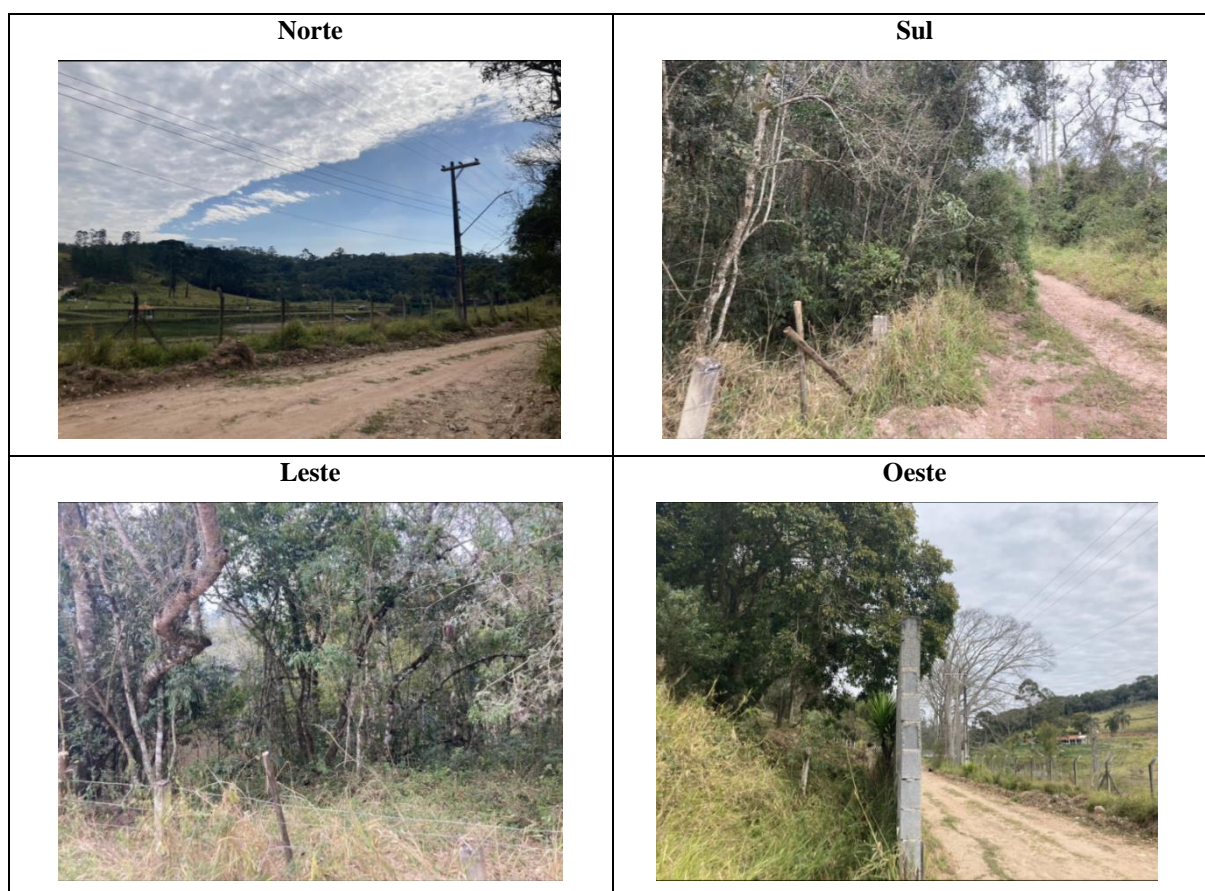
WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Tabela 4 – Imagens dos pontos cardeais do ponto de amostragem 26 na BHRS.



Fonte: Autores 2023.

Outrossim, a maior susceptibilidade à erosão foi observada em áreas de altitudes mais elevadas, como propriamente ditas, no qual converge diretamente com os estudos realizados por Ten Caten, Milena e Madruga (2012) na região central do estado do Rio Grande do Sul, no qual predominou o fator K elevado em altitudes maiores, mais ao norte da área de estudo, tal como, valores menores para o sul.

Ademais, a partir da Tabela 3 os quais demonstra as imagens realizadas a fim de demonstrar o uso e ocupação do solo no entorno dos pontos de amostragem, é possível identificar áreas com forte intervenção antrópica, partindo de empreendimentos particulares até campos agrícolas, o qual corrobora com os fatores de erodibilidade altos. Em grandes partes das propriedades identificadas, foram observadas grandes concentrações do sistema de cultivo

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

convencional, ou seja, aração e gradagem, tal como o tipo de cultura utilizado, que em sua maioria, eram culturas de cultivo temporárias.

Segundo Guerra et al. (2014), os cultivos temporários são capazes de promover uma alta erosão do solo devido ao processo de aração e colheita, no qual são capazes de realizar uma movimentação do solo que está localizado em uma parte mais baixa, trazendo-o para a parte superior, assim deixando o solo exposto e, a água que é um agente de suma importância, age diretamente no solo intensificando o processo de erosão, pois o fator de erodibilidade encontra-se totalmente elevado.

Além disso, a utilização do método indireto se demonstrou promissor uma vez que os valores encontrados corroboraram com estudos realizados na BHRS e, o ponto 26, o qual se demonstrou um alto fator K, se comprova mediante aos estudos realizados por Mannigel et al (2002), que conclui que o fator de erodibilidade no estado de São Paulo, tem a relação direta da areia e silte. Por fim, mediante a Figura 2, é possível complementar a estrita ligação entre ambos os fatores físicos do solo propriamente ditos.

5. Conclusões

Diante dos resultados do fator K apresentados para a BHRS, nota-se que a bacia hidrográfica possui características médias para a susceptibilidade aos processos de erosão, todavia, a parte sudeste se demonstrou com um fator K elevado, o que é corroborado às características naturais e antrópicas supracitadas, o que implica a necessidade de um manejo adequado para fins agrícola e ambientais.

Acredita-se que os resultados apresentados por esse estudo possam ser utilizados como subsídio aos gestores públicos e aos órgãos agrícolas e ambientais, tomando como base as áreas prioritárias para a implantação das práticas agrícolas e aquelas em que o risco de erodibilidade é alto.

6. Referências

- BASSO, Bruna Tauana et al. **Estimativa de erosão utilizando a Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS): o caso do alto curso do rio Chopim**. 2018.
- BERNINI, H. **Diagnóstico da erosão hídrica para planejamento de conservação e manutenção de mananciais de abastecimento público: o caso de Espigão D'Oeste – RO**. 2012. 127f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Rondônia – UNIR. Rondônia, 2012.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação dos solos**. 6.ed. São Paulo: Editora Ícone, 2008. 355p.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Tradução técnica Igo Fernando Lespsch. 3 ed. 685 p. Porto alegre: Bookman, 2013.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas.** Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC, 2009. (Boletim técnico, 106). Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/porassunto/pdf/Boletim106.pdf>. Acesso em: 6 out. 2023.

COLODRO, G.; CARVALHO, M.P.; ROQUE, C.; PRADO, R. M. **Erosividade da chuva: distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica de Teodoro Sampaio (SP).** Revista Brasileira Ciência do Solo. n.26. p.809-818. 2002.

CONCEIÇÃO, J. R. Da. **Metodologia para identificação de áreas prioritárias para redução da erosão hídrica em bacias de mananciais de abastecimento público do Paraná: Estudo de caso Bacia do Passaúna.** Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbana e Industrial do setor de Teconologia da Universidade Federal do Paraná em parceria com o SENAI – PR e Universität Stuttgart, Alemanha. 94 f. Curitiba, 2014.

COSTA, Hetiany Ferreira da. **Análise temporal da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio Sorocabaçu, Ibiúna, SP.** 2020.

DA SILVA, Alexandre Marco; ALVARES, Clayton Alcarde. **Levantamento de informações e estruturação de um banco dados sobre a erodibilidade de classes de solos no estado de São Paulo.** Geosciences= Geociências, v. 24, n. 1, p. 33-41, 2005.

GALLARDO, D. J. **Usos y Conservación de Suelos.** Geologia Ambiental. Série Ingeniería Geoambiental. Instituto Tecnológico Geomineiro de España, Madrid. 1988.

GUERRA, Antonio José Teixeira; JORGE, Maria do Carmo Oliveira. **Degradação dos solos no Brasil.** Editora Bertrand Brasil, 20

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de Dados de Informações Ambientais.** Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br>. Acesso em: 06 out. 2023.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 06 out. 2023.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 06 out. 2023.

LEITE, P.A.M.; SOUZA, E.S.; SANTOS, E.S.; GOMES, R.J.; CANTALICE, J.R.; WILCOX, B.P. **The influence of forest regrowth on soil hydraulic properties and erosion in a semiarid region of Brazil.** Ecohydrology, Western, Edição especial, p.1-12, 2017.

LIMA, C. G. R.; MARQUES, S. M.; LOLLO, J. A.; COSTA, N. R.; CARVALHO, M. P. Inter-relationships among erodibility, soil tolerance and physical-chemical attributes in north-western of São Paulo state. **Journal of Urban and Environmental Engineering**, v.13, p.102-114, 2019.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

LOMBARDI Neto, F.; Bertoni, J. **Erodibilidade de solos paulistas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1975. (Boletim Técnico, 27).

MANNIGEL, A. R.; PASSOS, M.; MORETI, D.; ROSA MEDEIROS, L. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. **Agronomy**, v. 24, p. 1335-1340, 2002.

MENEZES, Paulo Henrique Bretanha Junker. **Avaliação do efeito das ações antrópicas no processo de escoamento superficial e assoreamento na bacia do lago Paranoá**. 2010.

MIGUEL, P. et al.. **Mapeamento da erodibilidade e erosão potencial do solo em uma bacia hidrográfica de encosta**. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 26, n. 1, p. 01–09, jan. 2021.

MIGUEL, P.; DALMOLIN, R.S.D.; PEDRON, F.A.; MOURA BUENO, J.M.; TIECHER, T. Identificação de fontes de produção de sedimentos em uma bacia hidrográfica de encosta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 585-598, 2014.

PAIXÃO, Bruna Martins da. **O uso de geotecnologias em estudos integrados de variáveis físicas e socioambientais em bacias hidrográficas**. 2021.

PULIDO GÓMEZ, J. D. **Estimativa de erosão pela Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) e transferência de sedimentos para todo o território Brasileiro**. 2012.

REICHARDT, K; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processo e aplicações**. 500p. 2. Ed. Barueri, SP: Manole, 2012.

RIGHI, E.; BASSO, L. A. Aplicação e análise de técnicas de interpolação para espacialização de chuvas. **Ambiência**, v. 12, n.1, p. 102 -117, 2016.

ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado**. São Paulo: Instituto Florestal, v. 1, p. 118, 2017.

SÁ, M. A. C.; LIMA, J. M.; CURI, N.; MASSAROTO, J. A.; SÁ, J. J. G.; MARQUES, M. Estimativa da erodibilidade pela desagregação por ultrassom e atributos de solos com horizonte B textural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 7, p. 691-699, 2004.

SILVA, A.M.; SCHULZ, H.E; CAMARGO, P.B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: Rima, 2003. 138 p.

SILVA, D. C. C.; FILHO, J. L. A.; SALES, J. C. A.; LOURENÇO, R. Identificação de áreas com perda de solo acima do tolerável usando ndvi para o cálculo do fator c da USLE. **Raega**, v. 42, p. 72 – 85, 2017.

SIMONETTI, V. C.; FRASCARELI, D.; GONTIJO, E. S.J.; MELO, D. S.; FRIESE, K.; SILVA, D. C. C.; ROSA, A. H. Índices de qualidade da água como ferramenta de avaliação da qualidade da água e efeitos do uso da terra em uma bacia tropical, **International Journal of River Basin Management**, v. 19, n.2, p.157-168, 2021.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

SIMONETTI, V. C.; SILVA, D. C. C.; OLIVEIRA, R. A.; SABONARO, D. Z.; ROSA, A. H. Análise da suscetibilidade do solo a processos erosivos do parque natural municipal corredores de biodiversidade (PNMCBIO) de Sorocaba (SP). **Raega**, v. 44, p. 169-180, 2018.

SOUSA, J. A. P.; AMORIM, A. T.; SOUZA, J. C.; EWBANK, H.; LOURENÇO, R. W. Proposta de um indicador de sustentabilidade para fragmentos florestais (ISFF) por meio de modelagem ambiental. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 1, p. 250-267, 2022.

SOUZA, G. D.; LIMA, J.D.S.; XAVIER, A.C.; ROCHA, W.D. Krigagem ordinária e inverso do quadrado da distância aplicados na espacialização de atributos químicos de um argissolo. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 1, p. 73-81, 2010.

TEN CATEN, A.; MINELLA, J.P.; MADRUGA, P.R.D.A. **Desintensificação do uso da terra e sua relação com a erosão do solo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 16, n. 9, p. 1006-1014, 2012.

TIECHER, T.; MINELLA, J.P.G.; CANER, L.; EVRARD, O.; ZAFAR, M.; CAPOANE, V.; DOS SANTOS, D.R. Quantificando contribuições de uso da terra para sedimentos suspensos em uma grande bacia cultivada do Sul do Brasil (Rio Guaporé, Rio Grande do Sul). **Agricultura, Ecossistemas & Meio Ambiente**, v. 237, p. 95-108, 2017.

VIEL, J. A.; ROSA, K. K.; HOFF, R. Estudo da erosão superficial do solo por meio de SIG na região da denominação de origem Vale dos Vinhedos (Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 18, n. 3, p. 21-533, 2017.

WANG, X.; ZHAO, X.; ZHANG, Z.; YI, L.; ZUO, L.; WEN, Q.; LIU, B.; XU, J.; HU, S.; LIU, B. Assessment of soil erosion change and its relationships with land use/cover change in China from the end of the 1980s to 2010. **Catena**, v. 137, p. 256-268, 2016.

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses; a guide to conservation planning**. Washington: United States - Department of Agriculture, 58 p. USDA Agric. Handbook, n. 537, 1978.