



Aplicações do Geoprocessamento na Gestão e Conservação do Solo: Análise Integrada da Granulometria do solo e do Fator K em Sub-Bacias Hidrográficas

Applications of Geoprocessing in Soil Management and Conservation: Integrated Analysis of Soil Granulometry and K Factor in Sub-Hydrographic Basins

Aplicaciones del Geoprocесamiento en el Manejo y Conservación de Suelos: Análisis Integrado de Granulometría de Suelos y Factor K en Cuencas Subhidrográficas

Alessandro Xavier da Silva Junior

Universidade Estadual Paulista (UNESP - Sorocaba)

alessandro.junior@unesp.br

Arthur Pereira dos Santos

Universidade Estadual Paulista (UNESP - Sorocaba)

arthur.p.santos@unesp.br

Darllan Collins da Cunha e Silva

Universidade Estadual Paulista (UNESP - Sorocaba)

darllan.collins@unesp.br

Resumo: Este estudo visa determinar o fator de erodibilidade (K) na Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabuçu (BHRS, 202,67 km²), em Ibiúna (SP), por meio de análise granulométrica e geoprocessamento. Foram coletadas 27 amostras (0-20 cm), distribuídas conforme topografia e uso da terra. A granulometria foi quantificada por pipetagem, e a erodibilidade estimada pelo método indireto de Bouyoucos. A modelagem espacial utilizou interpolação IDW no SIG, gerando mapas temáticos que evidenciam a variabilidade e áreas mais suscetíveis à erosão. Os resultados apresentam forte correlação positiva entre areia e fator K (r^2

= 0,95) e negativa para argila ($r^2 = -0,91$), evidenciando a influência da composição granulométrica na erodibilidade. Solos arenosos em áreas de uso antrópico intensivo apresentaram maior vulnerabilidade à erosão, e esses resultados destacam a necessidade de estratégias de manejo para mitigar tais impactos. Conclui-se que a integração da análise granulométrica com interpolação espacial é eficaz na identificação de áreas críticas, fornecendo subsídios para a gestão territorial e a adoção de medidas preventivas.

Palavra-chave: Erodibilidade. Suscetibilidade à Erosão. Gestão Territorial. Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabuçu (BHRS).

Abstract: This study aims to determine the soil erodibility factor (K) in the Sorocabuçu River Watershed (SRB, 202.67 km²), located in Ibiúna (SP), through granulometric analysis and geoprocessing techniques. A total of 27 soil samples (0–20 cm) were collected, distributed according to topography and land use. Granulometry was quantified using the pipette method, and erodibility was estimated through the indirect Bouyoucos method. Spatial modeling employed IDW interpolation in a Geographic Information System (GIS), generating thematic maps that highlight variability and areas most susceptible to erosion. The results indicate a strong positive correlation between sand content and the K factor ($r^2 = 0.95$) and a significant negative correlation for clay ($r^2 = -0.91$), demonstrating the influence of soil texture on erodibility. Sandy soils in areas subject to intensive anthropogenic use exhibited greater erosion vulnerability, underscoring the need for management strategies to mitigate these impacts. The integration of granulometric analysis with spatial interpolation proves to be an effective approach for identifying critical areas, providing essential insights for territorial management and the implementation of preventive measures.

Keywords: Erodibility. Erosion Susceptibility. Territorial Management. Sorocabuçu River Watershed (SRB).

Resumen: Este estudio tiene como objetivo determinar el factor de erodibilidad (K) en la Cuenca Hidrográfica del Río Sorocabuçu (CHRS, 202,67 km²), ubicada en Ibiúna (SP), mediante análisis granulométrico

y técnicas de geoprocесamiento. Se recolectaron 27 muestras de suelo (0-20 cm), distribuidas según la topografía y el uso del suelo. La granulometría se cuantificó mediante el método de pipeteo, y la erodibilidad se estimó utilizando el método indirecto de Bouyoucos. La modelización espacial empleó interpolación IDW en un Sistema de Información Geográfica (SIG), generando mapas temáticos que evidencian la variabilidad y las áreas más susceptibles a la erosión. Los resultados indican una fuerte correlación positiva entre el contenido de arena y el factor K ($r^2 = 0,95$) y una correlación negativa significativa para la arcilla ($r^2 = -0,91$), demostrando la influencia de la textura del suelo en la erodibilidad. Los suelos arenosos en áreas de uso antrópico intensivo mostraron mayor vulnerabilidad a la erosión, resaltando la necesidad de estrategias de manejo para mitigar estos impactos. La integración del análisis granulométrico con la interpolación espacial demuestra ser una herramienta eficaz para identificar áreas críticas, proporcionando información clave para la gestión territorial y la implementación de medidas preventivas.

Palabras clave: Erodibilidad. Susceptibilidad a la Erosión. Gestión Territorial. Cuenca Hidrográfica del Río Sorocabuçu (CHRS).

Introdução

A classificação textural do solo, definida pela proporção relativa dos tamanhos das partículas minerais presentes no meio (areia, silte e argila), desempenha um papel essencial na determinação das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (FAO, 2020; SAURETTE, 2022; LOPES *et al.*, 2022).

Essa característica é particularmente relevante no Brasil, onde a agricultura se destaca como um setor estratégico para o desenvolvimento de alimentos e a garantia da segurança alimentar (SANTOS *et al.*, 2024). Nessa vertente, Godoi *et al.* (2021) ressaltam que o desempenho dessa atividade está intrinsecamente vinculado às condições climáticas e às propriedades físico-químicas do solo, que, por sua vez, são influenciadas pela textura desse recurso natural.

Diante disso, o entendimento da granulometria do solo emerge como uma ferramenta indispensável para orientar o planejamento e o desenvolvimento sustentável das atividades antrópicas, como a agricultura, pois influencia diretamente processos como a infiltração de água, a capacidade de retenção hídrica e o carreamento de sedimentos, aspectos que impactam significativamente a produtividade agrícola (RAHEEM *et al.*, 2023; LI *et al.*, 2017; PESSOA *et al.*, 2024).

Além disso, o mapeamento das classes texturais do solo para diferentes finalidades é fundamental para a modelagem de sistemas que busquem minimizar os impactos ambientais. Todavia, a ausência de dados detalhados sobre as propriedades do solo pode comprometer o embasamento técnico necessário para discussões sobre políticas ambientais e agrícolas, favorecendo práticas ineficientes e potencialmente prejudiciais ao meio ambiente (FUSHIMI *et al.*, 2023).

Desse modo, a quantificação das partículas minerais do solo torna-se essencial para compreender e abordar problemáticas ambientais, especialmente aquelas agravadas nas últimas décadas pela intensificação das atividades humanas. Entre esses impactos, destaca-se o aumento da erosão do solo, considerada uma ameaça global devido ao comprometimento da camada superficial do solo e à consequente redução de sua capacidade produtiva (FAO, 2020; JIN *et al.*, 2021; DA CUNHA *et al.*, 2022).

Para mitigar essa problemática, torna-se imprescindível implementar estratégias de controle baseadas no mapeamento das características granulométricas e na análise da erodibilidade do solo. Essa avaliação pode ser realizada por meio de índices como a razão de dispersão, o índice de instabilidade, a coesão do solo e, principalmente, o fator de erodibilidade (fator K), que se destaca por quantificar a susceptibilidade do solo à erosão causada por respingos de chuva e escoamento superficial, considerando características como a classe textural.

Incorporado à Equação Universal de Perda de Solo (USLE), tal fator é amplamente utilizado como ferramenta para a avaliação e previsão da intensidade da erosão, conforme trabalhos correlatos Ferreira Oliveira *et al.* (2024), Huang *et al.* (2022) e Yang *et al.* (2024).

Estudos sobre o fator K desempenham um papel fundamental na compreensão dos mecanismos de erosão do solo e na quantificação desses processos em diferentes escalas espaciais, especialmente em áreas caracterizadas por alta variabilidade textural (HUANG *et al.*, 2022).

Todavia, a integração e espacialização do fator K em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) tornam-se essencial, pois, a partir do geoprocessamento, permite-se estimar valores em locais não amostrados por meio de métodos de interpolação, identificando padrões espaciais e áreas críticas com maior precisão (SILVA *et al.*, 2017; SIMONETTI *et al.*, 2018; PEREIRA *et al.*, 2023).

Embora medições diretas sejam reconhecidas como metodologias mais confiáveis para determinar o fator K, essas abordagens frequentemente apresentam alto custo e elevada demanda de tempo, resultando em uma escassez de dados em muitos países (GODOI *et al.*, 2021). Nesse contexto, a combinação de técnicas de geoprocessamento com medições de campo tem se mostrado uma alternativa eficaz para a determinação desse parâmetro (ARANTES *et al.*, 2024).

Diante do exposto, é importante destacar que a expansão das atividades antrópicas, especialmente as alterações no uso e cobertura da terra, constitui uma preocupação crescente na Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabuçu (BHRS), localizada no município de Ibiúna (SP). Inserida na Área de Proteção Ambiental (APA) de Itupararanga, a BHRS é impactada pela intensificação das atividades agropecuárias, resultando em compactação do solo, desmatamento e aumento da erosão (MAIA JUNIOR & LOURENÇO, 2021).

Portanto, este estudo objetiva determinar o fator K nas sub-bacias hidrográficas da BHRS, com base na análise granulométrica do solo (areia, silte e argila) e na estimativa de sua distribuição espacial por meio de técnicas de geoprocessamento, visando identificar áreas críticas quanto à suscetibilidade à erosão e fornecer subsídios técnicos para o desenvolvimento de práticas de manejo mais eficientes na gestão e conservação do solo.

Materiais e métodos

Área de Estudo

A BHRS (Figura 1) está integralmente localizada no município de Ibiúna, que possui uma população estimada em 75 mil habitantes. Situada na região sudoeste do estado de São Paulo (SP), a área da bacia hidrográfica abrange aproximadamente 202,68 km², representando 19% do território municipal e cerca de 22% da APA de Itupararanga (IBGE, 2022).

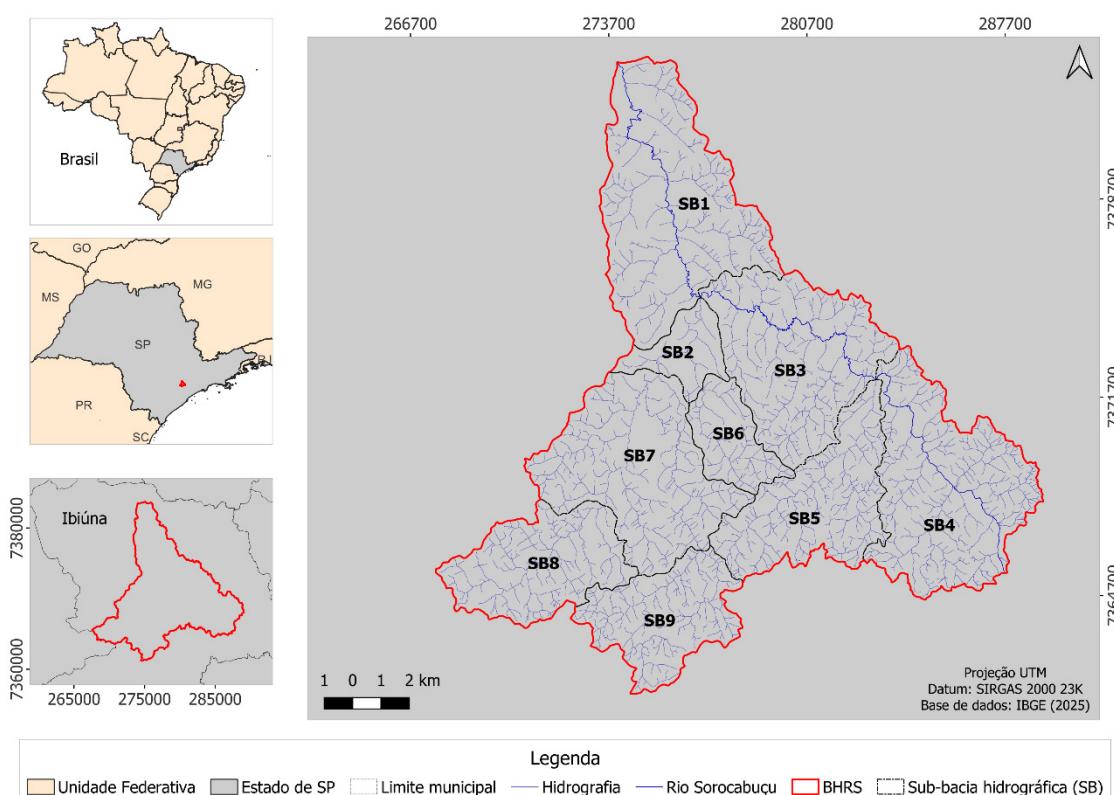


Figura 1 – Área de estudo.

Fonte: Os autores (2025).

Com baixa densidade populacional, a região possui uma estrutura fundiária majoritariamente composta por pequenos núcleos rurais, com destaque para a produção agropecuária voltada principalmente ao cultivo de hortaliças (MAIA JÚNIOR & LOURENÇO, 2021).

De acordo com a classificação de Rossi (2017) a BHRS possui três classificações principais de solo, os Latossolos, Gleissolos e Cambissolos, sendo o primeiro marcado pelo Latossolo Vermelho-Amarelo, o mais recorrente na área de estudo, caracterizado por sua profundidade e boa drenagem, favorecendo o desenvolvimento radicular e, consequentemente, uma boa fertilidade (EMBRAPA, 2018), fomentando o desenvolvimento agrícola da região.

Elaboração da Base cartográfica e Análise Física do Solo

A análise física do solo foi realizada com base no Boletim Técnico 106 do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), que apresenta a metodologia para análise granulométrica (IAC, 2009). A seleção dos 27 pontos amostrais (Figura 2) considerou a caracterização topográfica da área de estudo e as classes de uso da terra, validadas com base no conhecimento prévio da região.

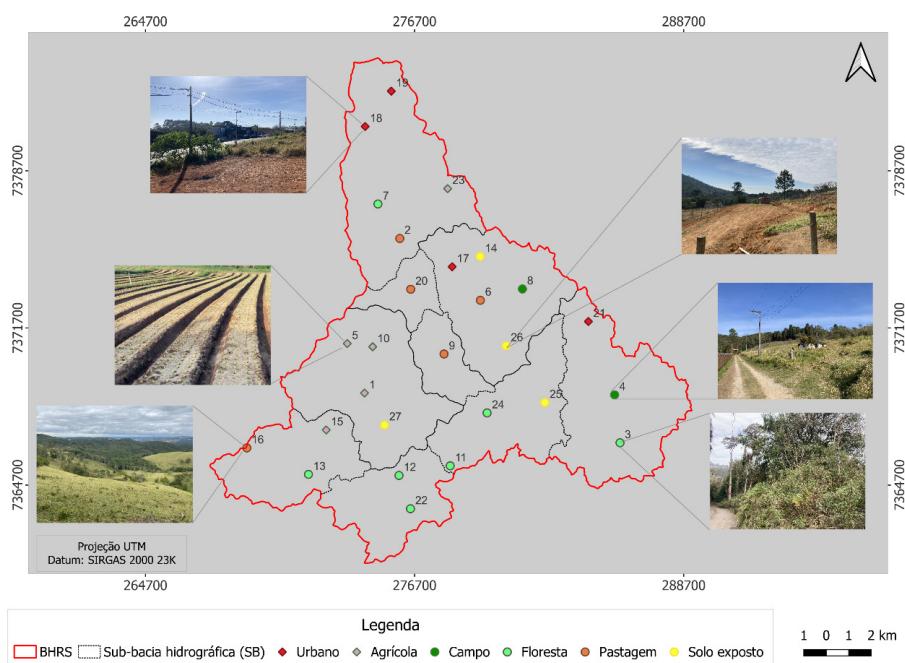


Figura 2 – Pontos de coleta na BHRS.

Fonte: Os autores (2025).

No trabalho de campo, as amostras de solo foram coletadas em porção individual em ponto específico na camada de 0-20 cm de profundidade (amostras simples), sendo identificada pela coordenada geográfica de cada ponto com o auxílio de um GPS Garmin Etrex 30 no Datum SIRGAS 2000 e sistema de projeção UTM, utilizando uma escavadeira para a extração de aproximadamente 500 gramas de material.

A metodologia seguiu as recomendações da EMBRAPA (2014), que orienta o uso de amostragem representativa para garantir a precisão na análise das propriedades do solo, incluindo a granulometria, visando a caracterização adequada das condições edáficas para a avaliação de parâmetros como a erodibilidade.

As amostras coletadas foram analisadas segundo a metodologia estabelecida no Boletim Técnico 106 do IAC (2009), que define os procedimentos para a determinação da granulometria do solo por meio do método da pipeta na Terra Fina Seca ao Ar (TFSA). Neste processo, o solo foi primeiramente seco ao ar, conforme recomendado, e após a secagem, foi submetido à separação das frações granulométricas utilizando a técnica de dispersão com hidróxido e hexametafosfato de sódio, com agitação por 16 horas, a 30 rpm, no agitador rotatório de Wagner.

A análise da areia foi obtida através de uma peneira de 0,053 mm, e a argila e silte foram separadas utilizando um processo de sedimentação, com base na aplicação da Lei de Stokes, que considera a velocidade de sedimentação das partículas para a separação. As frações obtidas foram pesadas, e a partir dos resultados expressos em g.kg⁻¹, calculou-se o teor de cada fração do solo em porcentagem (%) possibilitando a determinação do fator K.

Mapeamento da Declividade do terreno

O Modelo Digital de Elevação (MDE) com resolução espacial de 5 metros foi gerado a partir de curvas de nível e pontos cotados da BHRS, utilizando dados dispostos do Laboratório de Geoprocessamento e Modelagem Matemática Ambiental (LABGEMM). Para elaboração do modelo empregou-se o método de triangulação Delaunay (*Triangular*

Irregular Network - TIN), técnica amplamente reconhecida por sua capacidade de representação morfológica da superfície (TSAI, 1993), que acarreta a geração de uma malha triangular que armazena informações precisas sobre a elevação do terreno (LI *et al.*, 2005).

Nessa abordagem, a superfície topográfica é representada por uma rede de triângulos adjacentes e não sobrepostos, com dimensões e orientações variáveis, sendo esses, definidos por vértices correspondentes a pontos xyz amostrados irregularmente sobre a superfície real, enquanto as arestas são formadas pela conexão linear entre esses vértices, de forma a preservar a localização exata dos pontos de controle, garantindo alta precisão na representação do relevo (JONES *et al.*, 1994).

Posteriormente, procedeu-se à classificação das declividades da área em categorias porcentuais (Tabela 1), utilizando a função *Slope* do módulo *Spatial Analyst Tools* do ArcGIS 10.5 (ESRI, 2017; SALES *et al.*, 2024).

Tabela 1 – Definição das classes de declividade variando em função das características do local para o uso agrícola.

Classes	(%)	Características para o uso agrícola
1	0 – 3	Plano: Terreno praticamente nivelado, propenso a reter água e adequado para culturas sensíveis ao encharcamento.
2	3 – 8	Suave ondulado: Terreno levemente irregular, favorecendo a infiltração de água e adequado para uma variedade de culturas agrícolas.
3	8 – 20	Ondulado: Terreno moderadamente irregular, permitindo o escoamento superficial controlado e adequado para culturas com exigências médias de drenagem.
4	20 – 45	Forte ondulado: Terreno bastante irregular, propenso ao escoamento superficial rápido e adequado para culturas adaptadas a condições de drenagem mais intensa.
5	45 – 75	Montanhoso: Terreno caracterizado por elevações pronunciadas, suscetível a erosão hídrica e mais adequado para pastagens ou culturas perenes.
6	> 75	Escarpedo: Terreno íngreme e abrupto, com alto risco de erosão, limitando o uso agrícola principalmente a práticas de conservação do solo e revegetação.

Fonte: EMBRAPA (1999).

Determinação do Fator de Erodibilidade do Solo (fator K)

O cálculo do fator K (Equação 1) foi realizado pelo método indireto, utilizando a equação de Bouyoucos, conforme descrito por Mannigel *et al.* (2002) e Bertoni e Lombardi Neto (2012). Esse método baseia-se nas porcentagens das frações de areia, silte e argila, sendo reconhecido por sua eficácia na estimativa do fator de erodibilidade do solo.

Vale destacar que a ampla adoção desse método reflete sua adequação para estudos em diferentes contextos geográficos e condições edafoclimáticas, destacando-se como uma ferramenta consolidada para análises de suscetibilidade à erosão.

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

Onde:

K é o fator de erodibilidade do solo ($\text{t.ha.h.ha}^{-1}.\text{MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}$);

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

Para a classificação do fator K foram adotados os critérios estabelecidos por Mannigel *et al.* (2002), especificamente para Latossolos, que categorizam esse parâmetro em níveis de baixo, médio e alto potencial aos processos erosivos. Os valores de referência utilizados estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Classes de erodibilidade para Latossolos.

Classes	Fator K ($\text{t.ha.h.ha}^{-1}.\text{MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}$)
Alto	0,0300 a 0,0450
Médio	0,0150 a 0,0300
Baixo	0,0090 a 0,0150

Fonte: Adaptado de Mannigel *et al.* (2002).

Análise Estatística e Interpolação Espacial dos Dados

A análise da distribuição espacial dos parâmetros físicos na BHRS foi realizada utilizando o software ArcGIS 10.6. Para a interpolação dos resultados obtidos pela Equação 1 foi empregado o método IDW, conforme descrito na Equação 2. Esse método univariado, baseado em médias ponderadas, estima valores para locais não amostrados a partir dos dados de pontos vizinhos, conforme a abordagem proposta por Landim (1998).

$$x_p = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^2} \times x_i \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^2} \right)} \quad (2)$$

Onde:

x_p refere-se ao atributo interpolado;

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

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

n refere-se ao número de amostras.

Estudos realizados por Simonetti *et al.* (2018) e Mello *et al.* (2022) concluíram que o uso do interpolador IDW com expoente igual a 2, apresentou resultados satisfatórios para estimar a distribuição dos atributos físicos do solo, justificando a razão pela qual foi usado neste estudo.

A partir dos resultados encontrados, dividiu-se os valores para as 9 sub-bacias hidrográficas, sendo elas: SB1; SB2; SB3; SB4; SB5; SB6; SB7; SB8; SB9. Ressalta-se que a análise por sub-bacia hidrográfica foi adotada para identificar a variabilidade textural do solo, elemento determinante para o fator K e a suscetibilidade à erosão, permitindo compreender com maior precisão as particularidades locais, além de oferecer subsídios fundamentais para a gestão territorial eficiente e a tomada de decisão pelos órgãos competentes.

Posteriormente, foi realizado a extração de pixel por pixel, resultando no valor dos parâmetros analisados. Para auxiliar na discussão dos resultados, foram obtidos os valores de média, valor mínimo, máximo e o Desvio Padrão ($DvP \pm$), organizando-os em uma planilha eletrônica.

Subsequente a essa etapa, foi aplicada uma correlação linear de Pearson entre os parâmetros físicos (areia, silte e argila) e o fator K, sendo, essa etapa, essencial para identificar as relações quantitativas entre as frações texturais do solo e a erodibilidade, proporcionando uma avaliação mais precisa dos fatores que determinam a suscetibilidade à erosão.

Além disso, essa correlação é crucial para a gestão territorial da BHRS, pois permite a identificação das áreas com maior risco de erosão, destacando aquelas que demandam intervenções específicas e manejo adequado para mitigar os impactos ambientais. Portanto, contribui significativamente para a tomada de decisões informadas no planejamento e na conservação dos recursos naturais.

Após a aplicação da metodologia descrita, foram gerados mapas temáticos que representam a distribuição espacial de cada parâmetro analisado, utilizando o software QGIS, versão 3.28. Os parâmetros físicos foram segmentados em porcentagens (%), enquanto a erodibilidade foi expressa em quantidade de solo perdido por unidade de energia erosiva da chuva ($t \cdot ha \cdot h \cdot ha^{-1} \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$), conforme as unidades recomendadas para a análise de suscetibilidade à erosão.

Resultados e discussão

A Figura 3 apresenta a espacialização dos parâmetros físicos do solo (argila, areia, silte) e as classes de declividade nas sub-bacias hidrográficas da BHRS. Já a Tabela 3 contém a estatística descritiva de cada uma dessas classes, detalhando os valores observados para as diferentes frações texturais do solo.

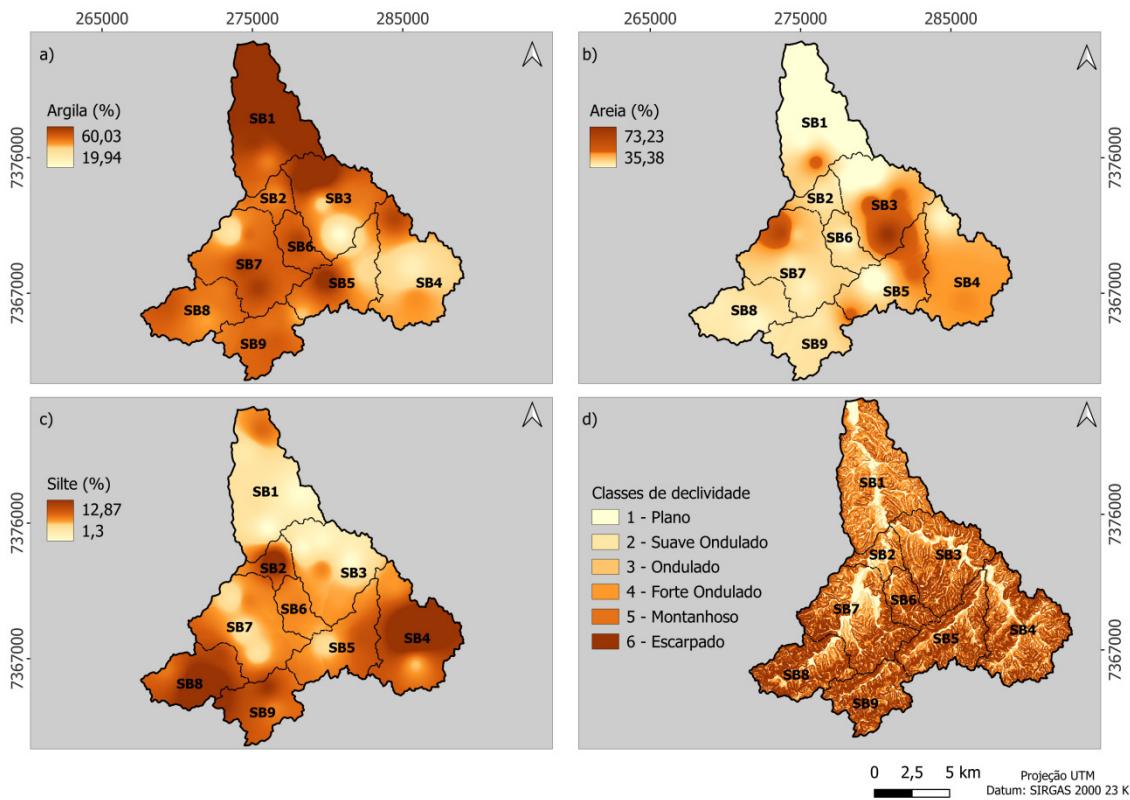


Figura 3 – Distribuição espacial da argila (a), areia (b), silte (c) e das classes de declividade (d) nas sub-bacias hidrográficas da BHRS.

Fonte: Os autores (2025).

Tabela 3 – Estatística descritiva da areia, argila e silte.

Granulometria	Estatísticas	SB1	SB2	SB3	SB4	SB5	SB6	SB7	SB8	SB9
Areia	Valor mínimo (%)	25,21	36,88	27,44	36,45	31,07	35,24	37,10	36,30	38,00
	Valor máximo (%)	52,23	49,12	73,23	49,89	59,89	46,39	63,85	41,34	50,64
	Valor médio (%)	33,89	40,85	46,30	46,85	45,48	40,57	43,56	39,15	40,57
	DvP (\pm)	6,16	2,03	9,22	2,94	5,43	1,90	5,11	1,15	1,96
Granulometria	Estatísticas	SB1	SB2	SB3	SB4	SB5	SB6	SB7	SB8	SB9

Argila	Valor mínimo (%)	46,56	43,97	19,94	27,57	32,79	46,58	31,52	42,68	40,95
	Valor máximo (%)	73,24	58,34	70,56	56,47	63,64	56,73	58,30	53,57	51,75
	Valor médio (%)	61,35	48,48	48,69	41,11	46,25	51,88	49,13	48,21	49,10
	DvP (\pm)	6,11	2,57	10,49	5,78	6,46	1,80	4,90	2,54	1,80
Granulometria	Estatísticas	SB1	SB2	SB3	SB4	SB5	SB6	SB7	SB8	SB9
Silte	Valor mínimo (%)	1,21	4,37	1,49	5,78	5,29	6,35	4,25	8,11	7,95
	Valor máximo (%)	11,87	18,01	8,15	24,42	11,33	10,12	11,99	21,03	16,86
	Valor médio (%)	4,75	10,67	5,01	12,04	8,26	7,55	7,31	12,64	10,33
	DvP (\pm)	1,77	3,09	1,78	4,10	1,39	0,44	1,38	3,12	1,64

A análise granulométrica das sub-bacias hidrográficas da BHRS revelou uma significativa variação espacial nas frações de argila, areia e silte, com diferenças marcantes nos valores médios, máximos, mínimos e DvP.

Todavia, evidencia-se a alta presença da fração argilosa na maioria das sub-bacias hidrográficas, com destaque para a SB1 e SB6, que apresentaram valores máximos de 73,24% e 56,73%, médias de 61,35% e 51,88% e DvPs de $\pm 6,11\%$ e $\pm 1,80\%$ respectivamente. Esses resultados indicam uma alta estabilidade estrutural dos solos na região, favorecendo o armazenamento de água e nutrientes, características fundamentais para a agricultura e conservação ambiental (RAHEEM *et al.*, 2023; REICHARDT, 1987; SIMONETTI *et al.*, 2022).

Convém destacar que na SB3 os resultados evidenciaram maior variabilidade nos teores de argila, com DvP de $\pm 10,49\%$, indicando maior heterogeneidade espacial. Essa variabilidade sugere a necessidade de um planejamento territorial que leve em consideração as diferenças texturais para evitar práticas inadequadas de manejo, que podem comprometer a fertilidade e a funcionalidade dos solos (RICHART, 2005).

A SB4 apresentou o menor valor médio de argila (41,11%), com máximo de 56,47% e mínimo de 27,57%, demonstrando uma predominância relativa das frações arenosa e siltica. Todavia, essa composição textural pode aumentar a vulnerabilidade da sub-bacia hidrográfica à erosão hídrica, reforçando a importância de estratégias de manejo como práticas de conservação do solo e controle do escoamento superficial (MIGUEL *et al.*, 2021; RAHEEM *et al.*, 2023).

A fração arenosa, inversamente proporcional à fração argilosa, alcançou maior expressividade em sub-bacias hidrográficas como a SB4, com média de 46,85% e DvP de $\pm 2,94\%$. Nessa perspectiva, é importante destacar que os solos com maior proporção granulométrica de areia, embora apresentem boa drenagem, são mais susceptíveis à erosão e possuem menor capacidade de retenção de água e nutrientes (LOPES *et al.*, 2022). Portanto, tais locais exigem atenção especial no que diz respeito ao planejamento e a gestão territorial, como a manutenção de coberturas vegetais permanentes para mitigar os impactos ambientais.

A fração siltica, por sua vez, apresentou valores relativamente baixos em comparação com as demais frações. A SB4 e SB8 registraram valores médios de 12,04% e 12,64%, respectivamente, com DvPs de $\pm 4,10\%$ e $\pm 3,12\%$. A baixa coesão dos grãos de silte e sua elevada suscetibilidade ao transporte por agentes erosivos tornam essa fração um indicador-chave para o monitoramento de processos de assoreamento em corpos hídricos, que podem impactar negativamente a qualidade da água e a disponibilidade de recursos naturais (RESENDE *et al.*, 1999; RIZZO *et al.*, 2022; MIGUEL *et al.*, 2021).

Nesse contexto, a integração dos porcentuais mencionados associada às classes de declividade influencia diretamente a dinâmica erosiva, conforme demonstrado por Smith e Wischmeier (1962), Santos *et al.* (2025) e Polett *et al.* (2025). Particularmente nas sub-bacias hidrográficas do sudeste da área de estudo, identificaram-se condições críticas caracterizadas pela combinação de baixos teores de argila, elevados porcentuais de areia e silte e declividades acentuadas.

Vale destacar que a distribuição espacial das frações granulométricas aqui obtidas reforça a importância de sua consideração na gestão territorial da BHRS. Todavia, a compreensão das características texturais dos solos permite a identificação de áreas prioritárias para a im-

plementação de práticas conservacionistas e o planejamento do uso sustentável da terra, ou seja, pode-se considerar que os locais predominantemente argilosos demandam estratégias voltadas à manutenção de sua fertilidade e estrutura, enquanto os mais arenosos requerem manejo voltado à redução da erosão e aumento da retenção de água.

Por fim, ressalta-se que a espacialização dos dados granulométricos subsidia, também, no direcionamento de políticas públicas voltadas à conservação do solo, redução da degradação ambiental e preservação dos recursos hídricos. Portanto, a articulação entre a análise granulométrica e as ações de gestão territorial tem potencial para garantir o equilíbrio entre desenvolvimento socioeconômico e preservação ambiental na BHRS.

Frente aos resultados obtidos, os dados granulométricos, aliados à suscetibilidade do solo à erosão, destacam-se como elementos fundamentais para a identificação de áreas prioritárias para intervenções estratégicas. Essas intervenções incluem tanto práticas conservacionistas do solo quanto ações voltadas à conservação de recursos naturais, subsidiando diretamente a gestão territorial da BHRS.

Portanto, a espacialização do fator K, apresentada na Figura 4, fornece um panorama detalhado das áreas mais e menos vulneráveis à erosão. A Tabela 4 complementa essa análise, apresentando a estatística descritiva do fator K para as sub-bacias hidrográficas analisadas, e a Tabela 5 apresenta o quantitativo de cada classe na BHRS.

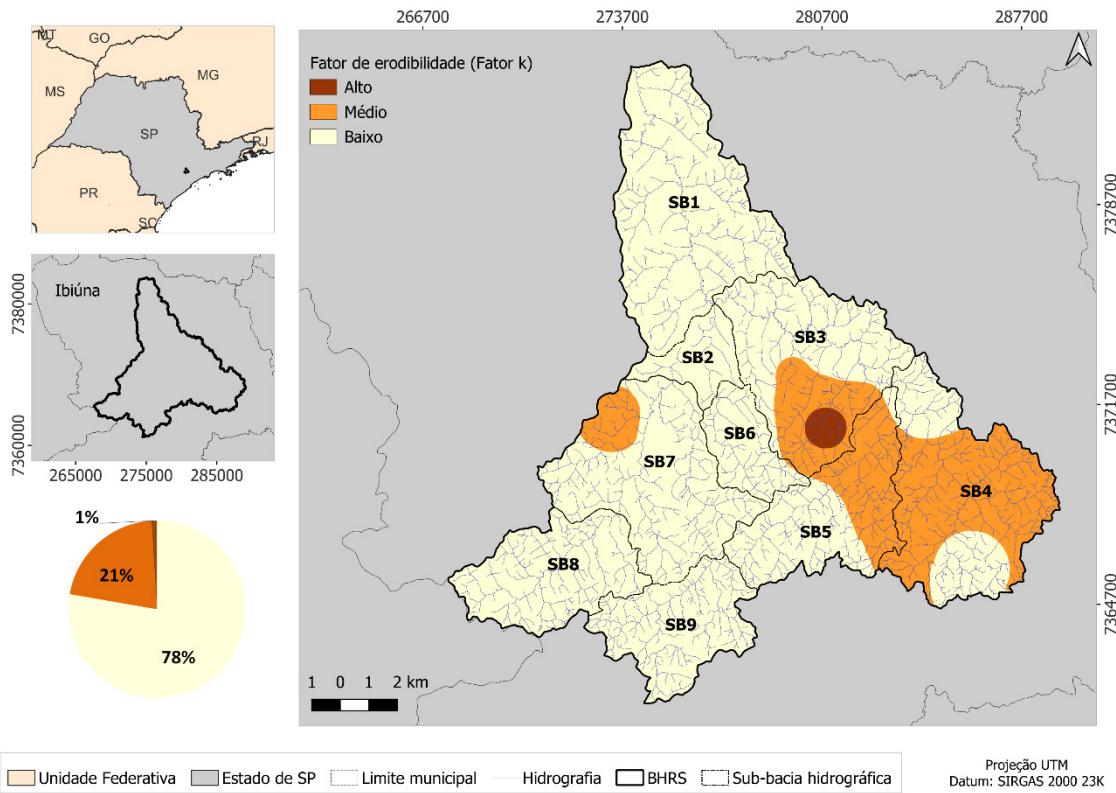


Figura 4 – Fator K para as sub-bacias hidrográficas da BHRS.

Fonte: Os autores (2025).

Tabela 4 – Estatística descritiva do fator K.

	Parâmetros	SB1	SB2	SB3	SB4	SB5	SB6	SB7	SB8	SB9
Fator K	Valor mínimo	0,0037	0,0082	0,0042	0,0077	0,0057	0,0076	0,0072	0,0087	0,0093
	Valor máximo	0,0120	0,0141	0,0401	0,0262	0,0274	0,0160	0,0216	0,0133	0,0145
	Valor médio	0,0069	0,0116	0,0143	0,0166	0,0141	0,0109	0,0114	0,0110	0,0106
	DvP (\pm)	0,0019	0,0008	0,0073	0,0037	0,0036	0,0013	0,0026	0,0010	0,0008

Tabela 5 – Quantitativo de classes da erodibilidade do solo para BHRS.

Classes	Área (km ²)	Porcentual na BHRS (%)
Baixo	157,54	77,73
Médio	43,12	21,27

Alto	2,02	1,00
------	------	------

Com base na análise da granulometria do solo e dos valores do fator K nas sub-bacias hidrográficas da BHRS, é possível observar uma relação direta entre as propriedades texturais e a susceptibilidade à erosão do solo, o que impacta diretamente a gestão territorial da região.

Primeiramente, a variabilidade do fator K entre as sub-bacias hidrográficas revela uma distribuição desigual da erodibilidade do solo. A SB3 apresenta o maior valor de fator K ($0,0401 \text{ t}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$), enquanto a SB1 apresenta o valor mais baixo ($0,0037 \text{ t}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$).

Essa disparidade está intimamente relacionada às características granulométricas observadas, haja vista que, na SB3, a predominância de silte e areia, com baixos teores de argila, sugere uma maior vulnerabilidade ao arraste de partículas, o que eleva a erodibilidade. Porém, a alta concentração de areia e silte contribuem para a instabilidade do solo, especialmente em áreas onde a cobertura vegetal é escassa, o que intensifica o risco de erosão.

Já a SB1, com solos mais argilosos, apresenta uma menor susceptibilidade ao processo erosivo, evidenciada pelos valores mais baixos do fator K. Além disso, a variabilidade no fator K dentro de cada sub-bacia hidrográfica, evidenciada pelo DvP, também pode ser atribuída às diferenças nos teores de areia, silte e argila.

Exemplificando: a SB3 apresenta o maior DvP ($\pm 0,0073$), o que indica uma grande dispersão nos valores de erodibilidade. Esse comportamento pode ser explicado pela heterogeneidade da textura do solo, com áreas mais arenosas e outras mais silicosas, resultando em variações consideráveis na capacidade de erosão. Logo, a variabilidade observada sugere que a gestão territorial exige o enfoque em práticas específicas para diferentes regiões da SB3, adotando estratégias que possam considerar tal variabilidade granulométrica.

Em contraposição, sub-bacias hidrográficas como a SB1 e a SB2, com menores DvP e valores médios mais baixos de fator K ($\pm 0,0069$ e $0,0116 \text{ t}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$, respectivamente), apresentam menor risco de erosão do solo, especialmente em áreas com alta concentração de argila.

Vale destacar que a textura argilosa confere maior coesão ao solo, reduzindo a propensão ao arraste de partículas e melhorando a retenção de água. Contudo, essa mesma textura pode limitar a drenagem e a penetração de raízes, o que, se não for adequadamente gerido, pode levar a problemas de compactação do solo e redução da fertilidade (ARANTES *et al.*, 2023).

O comportamento espacial do fator K, aliado à análise granulométrica, reforça a necessidade de uma gestão territorial baseada na adaptação ao perfil de cada sub-bacia hidrográfica da BHRS, ou seja, as áreas com predominância de areia e silte, como a SB3, demandam práticas conservacionistas mais intensas, como o uso de cobertura vegetal e a implementação de barreiras físicas para redução da erosão.

Em vista dos locais que possui declividades acentuadas, agrava-se esse cenário, aumentando a velocidade do escoamento superficial e, consequentemente, a erosão. Em contraste, nas áreas com maior concentração de argila e menores declividades, a gestão pode ser mais focada na prevenção da compactação e no manejo da água para garantir a sustentabilidade agrícola (ARANTES *et al.*, 2023, 2024).

De acordo com a classificação proposta por Mannigel *et al.* (2002), verifica-se que a maior parte da BHRS apresenta baixa susceptibilidade do solo à erosão, abrangendo uma área de 157,54 km², o que corresponde a 77,73% da área total. Por outro lado, a região sudeste apresenta um fator K classificado como médio, abrangendo aproximadamente 21,27% da BHRS. Ademais, observa-se que a SB3 possui uma pequena parcela de área com alta erodibilidade, totalizando 2,02 km², o que indica maior vulnerabilidade a processos erosivos e potencial necessidade de medidas conservacionistas.

A Tabela 6 apresenta a correlação linear de Pearson entre as partículas minerais do solo e o fator K.

Tabela 6 – Correlação entre os componentes granulométricos do solo e o fator K.

Componentes granulométricos	Correlação (r^2)	Equação do modelo
Areia x Fator K	0,95	$y = 0,0006x - 0,0149$
Argila x Fator K	-0,91	$y = -0,0005x + 0,035$
Silte x Fator K	0,33	$y = 0,0003x + 0,0091$

Os resultados da correlação linear aplicada às partículas minerais do solo em relação ao fator K evidenciam relações significativas que corroboram os padrões de distribuição espacial do solo previamente discutidos. A forte correlação positiva entre areia e o fator K ($r^2 = 0,95$) indica que solos com maior proporção de areia são mais susceptíveis à erosão, devido à menor coesão entre partículas e à reduzida capacidade de retenção de água.

Por outro lado, a argila apresentou uma correlação negativa expressiva ($r^2 = -0,91$), evidenciando que solos com maior teor de argila tendem a ser menos erodíveis, resultado de sua estrutura mais coesa e maior capacidade de formar agregados estáveis. O silte, com uma correlação positiva moderada ($r^2 = 0,33$), revela uma menor influência direta no fator K, mas ainda pode contribuir para a erosão em combinação com a presença de areia.

Esses resultados reforçam as diferenças de concentração granulométrica observadas entre as sub-bacias hidrográficas da BHRS. A SB1, com altas concentrações de argila, apresentou os menores valores do fator K (média = $0,0069 \text{ t}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$), enquanto a SB3, caracterizada por solos arenosos, apresentou os maiores valores médios do fator K ($0,0143 \text{ t}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$). Essa relação direta entre granulometria e erodibilidade do solo destaca a importância de considerações específicas para o manejo territorial, uma vez que solos arenosos estão mais suscetíveis à degradação em decorrência do escoamento superficial.

A espacialização das classes granulométricas e a variabilidade do fator K apontam para a necessidade de intervenções direcionadas em diferentes sub-bacias hidrográficas. A SB3, por exemplo, requer práticas conservacionistas mais intensas, como o terraceamento, que reduz a velocidade do escoamento e promove maior infiltração (Rutebuka *et al.*, 2021) ou a inserção de coberturas vegetais no solo, que inibe o impacto direto da precipitação ao solo, promovendo a redução da perda de solo (Xiong *et al.*, 2018; Bai *et al.*, 2024).

Em oposição, na SB1, devido ao teor elevado de argila, beneficia-se de práticas como o manejo adequado da compactação e o uso de sistemas de plantio direto, que preservam a cobertura do solo e reduzem o impacto das intempéries climáticas, conforme observado por Xiong *et al.* (2018).

Ademais, a conversão de áreas naturais em terras aráveis, especialmente em sub-bacias hidrográficas com maior proporção de areia, como a SB3, acentua as taxas de erosão e impacta negativamente a sustentabilidade ambiental e econômica da região, haja vista que o aumento da erosão não apenas resulta na perda de solo fértil, mas também no assoreamento dos corpos hídricos, comprometendo os serviços ecosistêmicos locais, conforme apontado por Shi *et al.* (2017).

Os valores médios do fator K obtidos neste estudo estão em conformidade com os relatados por Silva *et al.* (2017) na Bacia Hidrográfica do Rio Una, localizada na mesma região. Entretanto, a abordagem integrada deste estudo, que combina análise granulométrica e o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), proporciona maior detalhamento na caracterização espacial da erodibilidade do solo, subsidiando a formulação de estratégias específicas para a gestão territorial e a mitigação dos impactos da erosão.

Portanto, os resultados apresentados ressaltam a relevância do uso de metodologias integradas para a análise do fator K e da granulometria, fornecendo subsídios concretos para a gestão agrícola e ambiental da BHRS. Além do mais, a aplicabilidade prática desses dados permite que gestores territoriais identifiquem áreas prioritárias para a implementação de técnicas conservacionistas e promovam uma agricultura sustentável, alinhada à preservação dos recursos naturais e ao desenvolvimento econômico da região.

Por fim, convém destacar que os resultados deste estudo estão alinhados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, especialmente ao ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), ODS 13 (Ação contra a Mudança Global do Clima) e ODS 15 (Vida Terrestre), ao fornecer dados que promovem práticas agrícolas mais sustentáveis e a conservação dos recursos naturais.

Além disso, os resultados apresentados preenchem uma lacuna importante ao integrar análises de granulometria e fator K em uma abordagem espacial detalhada, oferecendo subsídios inéditos para a gestão territorial da BHRS, podendo orientar decisões estratégicas voltadas à mitigação da erosão do solo e à promoção de uma agricultura sustentável.

Conclusão

O presente estudo permitiu determinar o fator K nas sub-bacias hidrográficas da BHRS a partir da análise granulométrica do solo e da estimativa de sua distribuição espacial com o uso de técnicas de geoprocessamento. Os resultados evidenciaram a influência direta das proporções de areia, silte e argila no solo na variabilidade do fator K, indicando a relevância desses parâmetros para a identificação de áreas críticas quanto à suscetibilidade à erosão.

Entre as sub-bacias hidrográficas analisadas, a SB3 destacou-se como a mais vulnerável, apresentando pontos com altos valores de fator K associados à predominância de areia e silte, elementos que favorecem o arraste de partículas. Em oposição a isso, a SB1, caracterizada por elevados teores de argila, apresentou menores valores de fator K, indicando maior estabilidade frente à erosão do solo.

A relação inversa entre argila e o fator K, aliada à forte correlação positiva entre areia e o fator de erodibilidade, reforça a importância de uma gestão territorial estratégica e baseada em evidências para enfrentar os desafios impostos pela dinâmica erosiva das bacias hidrográficas. Logo, os resultados aqui encontrados destacam a necessidade de implementar ações de manejo e conservação do solo, visando mitigar os efeitos da erosão e garantir a sustentabilidade dos recursos naturais, com impacto direto na preservação ambiental e na produtividade agrícola da região.

Além disso, a metodologia aplicada neste estudo, que integram análises laboratoriais com ferramentas de geoprocessamento, apresentou-se como eficazes na quantificação e distribuição espacial do fator K, fornecendo uma base sólida para o planejamento ambiental e agrícola, especialmente em bacias hidrográficas com características similares à BHRS.

Por fim, este estudo oferece uma contribuição significativa para o entendimento aprofundado da dinâmica erosiva da BHRS, fornecendo subsídios técnicos e científicos para o desenvolvimento de estratégias que promovam a sustentabilidade ambiental.

Referências

- ARANTES, Leticia T. et al. Application of spatial environmental indicators in the assessment of degradation potential of water resources in water basins. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 195, n. 8, p. 931, 2023.
- ARANTES, Leticia T. et al. Indicador de vulnerabilidade ao carreamento de sedimentos integrado ao SIG e SR. *Geo UERJ*, n. 45, 2024. [S. I.], n. 45, 2024.
- BERTONI, José; LOMBARDI NETO, Francisco. *Conservação do Solo*. 8 ed. São Paulo: Ícone editora, 2012.
- BAI, Ruihua et al. The impact of vegetation reconstruction on soil erosion in the Loess plateau. *Journal of Environmental Management*, v. 363, p. 121382, 2024.
- DA CUNHA, Elias R. et al. Assessment of current and future land use/cover changes in soil erosion in the Rio da Prata basin (Brazil). *Science of the Total Environment*, v. 818, p. 151811, 2022.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Amostragem e cuidados na coleta de solo para fins de fertilidade / Murilo Rodrigues de Arruda... [et al.] – Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2014. 18 p. – (Documentos / Embrapa Amazônia Ocidental, ISSN 1517-3135; 115).
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília, Serviço de Produção de Informação, 1999. 412p.
- ESRI ArcGIS Desktop. Release 10.8. Redlands, CA: *Environmental Systems Research Institute*; 2019.
- FERREIRA OLIVEIRA, Danyella; TYRONE SILVA ALMEIDA, Rherison. Avaliação da Vulnerabilidade à Perda de Solo com a Implementação do Parque Estadual da Serra Dourada – Goiás. *Ateliê Geográfico, Goiânia*, v. 18, n. 3, p. 211–245, 2024.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. *State of knowledge of soil biodiversity - Status, challenges and potentialities*. Rome: FAO, 2020.

FUSHIMI, Melina.; DE OLIVEIRA, Regina. C.; RODRIGUES NUNES, João. O. Propriedades físicas do solo e cobertura e uso da terra como subsídio à compreensão dos processos erosivos lineares na bacia hidrográfica do rio dos Cachorros, Amazônia Maranhense. *Ateliê Geográfico*, Goiânia, v. 17, n. 2, p. 205-227, 2023.

GODOI, Raquel de F. et al. High-resolution soil erodibility map of Brazil. *Science of The Total Environment*, v. 781, p. 146673, 2021.

HUANG, Xiaofang et al. Characteristics of soil erodibility K value and its influencing factors in the changyan watershed, southwest Hubei, China. *Land*, v. 11, n. 1, p. 134, 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades*. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/ibiuna/panorama>. Acesso em: 15 jan. 2025.

IAC – Instituto Agronômico de Campinas. *Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas*. Org.: O. A. de CAMARGO; A.C. MONIZ; J. A. JORGE; J. M. A. S. VALADARES. Campinas, São Paulo (SP). 2009

JIN, Fengmei et al. Effects of vegetation and climate on the changes of soil erosion in the Loess Plateau of China. *Science of the Total Environment*, v. 773, p. 145514, 2021.

JONES, Christopher B.; KIDNER, David B.; WARE, J. M. The implicit triangulated irregular network and multiscale spatial databases. *The Computer Journal*, v. 37, n. 1, p. 43-57, 1994.

LANDIM, Paulo M. B. *Análise estatística de dados geológicos*. São Paulo, UNESP, 1998. 226p. (Ciência e Tecnologia).

LI, Na et al. Modeling soil aggregation at the early pedogenesis stage from the parent material of a Mollisol under different agricultural practices. *Advances in Agronomy*, v. 142, p. 181-214, 2017.

- LI, Zhilin; ZHU, Christopher; GOLD, Chris. Digital terrain modeling: principles and methodology. *CRC press*, 2005.
- LOPES, Tárcio R. et al. Estimation of sediment production and soil loss in a water supply basin for the metropolitan region of São Paulo-Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 118, p. 103929, 2022.
- MAIA JÚNIOR, Lauro P.; & LOURENÇO, Roberto W. Impactos das mudanças no uso e cobertura da terra sobre a variabilidade do albedo na bacia hidrográfica do rio sorocabuçu (ibiúna - sp). *Revista Brasileira De Climatologia*, 27, 443–462, 2021.
- MANNIGEL, Anny R. et al. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 24, n. 5, p. 1335-1340. 2002. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciA gron/article/view/2374>. Acesso em 10, janeiro, 2025.
- MELLO, Fellipe A. O. et al. Conhecimento hidrológico complexo para dar suporte ao mapeamento digital de solos. *Geoderma*, v. 409, p. 115638, 2022.
- MIGUEL, Pablo 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.
- PEREIRA, Marcelo D. R. et al. Estimation of susceptibility to erosion-soil loss in drainage basins: a case study. *Natural Hazards*, v. 116, n. 1, p. 79–95, 2023.
- PESSOA, Thaís N. et al. Clay mineral composition drives soil structure behavior and the associated physical properties in Brazilian Oxisols. *Geoderma Regional*, v. 38, p. e00837, 2024.
- POLETT, Frederico B. et al. Lógica Fuzzy Aplicada ao Planejamento Sustentável do Uso da Terra em Bacia Hidrográfica com Base em Indicadores Locais de Aptidão. *Entorno Geográfico*, v. 30, p. e20214851, 2025.
- RAHEEM, Aram M. et al. Inverse distance weighted (IDW) and kriging approaches integrated with linear single and multi-regression models

to assess particular physico-consolidation soil properties for Kirkuk city. *Modeling earth Systems and environment*, v. 9, n. 4, p. 3999-4021, 2023.

REICHARDT, Klaus. *A água em sistemas agrícolas*. São Paulo: Manole. 1987. 188p.

RESENDE, Mauro et al. *Pedologia: base para distinção de ambientes*. 3. ed. NEPUT, Viçosa. 338 p. 1999.

RICHART, Alfredo et al. Compactação do solo: causas e efeitos. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 26, n. 3, p. 321-343, 2005.

RIZZO, Felipe A. et al. Índice de qualidade da água e do estado trófico da bacia hidrográfica do córrego Pequiá - MA. *Geoambiente On-Line*, v. 43, p. 76-96, 2022.

ROSSI, Marcio. Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado. Instituto Florestal. 2017.

RUTEBUKA, Jules et al. Effectiveness of terracing techniques for controlling soil erosion by water in Rwanda. *Journal Of Environmental Management*, [S.L.], v. 277, p. 111369, jan. 2021.

SANTOS, Arthur P. et al. Random forest algorithm applied to model soil textural classification in a river basin. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 197, n. 3, p. 330, 2025.

SANTOS, Arthur P. et al. Evaluation of agricultural expansion as an indicator of environmental degradation in the Northwestern Mesoregion of the state of Minas Gerais, Brazil. *GeoFocus: Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, n. 33, 2024.

SALES, Jomil C. A. et al. Análise espacial do carreamento de sedimentos por área de contribuição de afluentes sem cobertura vegetal na bacia hidrográfica do rio Una. *Geofocus*, v. 34, p. 45-62, 2024.

SAURETTE, Daniel D. Comparing direct and indirect approaches to predicting soil texture class. *Canadian Journal of Soil Science*, v. 102, n. 4, p. 835-851. 2022.

- SHI, Peng et al. Influence of land use and land cover patterns on seasonal water quality at multi-spatial scales. *CATENA*, 151, 182–190, 2017.
- SILVA, Darllan C. C. et al. 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, Vanessa C. et al. 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.
- SIMONETTI, Vanessa C. et al. Correlação espacial compartimentada dos padrões de drenagem com características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Pirajibu-Mirim. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 23, p. 1134-1154, 2022.
- SMITH, Dwight D.; WISCHMEIER, Walter H. Rainfall erosion. *Advances in agronomy*, v. 14, p. 109-148, 1962.
- TSAI, Victor J. D. Delaunay triangulations in TIN creation: an overview and a linear-time algorithm. *International Journal of Geographical Information Science*, v. 7, n. 6, p. 501-524, 1993.
- XIONG, Muqi; SUN, Ranhao; CHEN, Liding. Effects of soil conservation techniques on water erosion control: A global analysis. *Science of the Total Environment*, v. 645, p. 753-760, 2018.
- YANG, Miaomiao et al. Global soil erodibility factor (K) mapping and algorithm applicability analysis. *Catena*, v. 239, p. 107943, 2024.

Alessandro Xavier da Silva Júnior

Engenheiro Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) – Campus de Sorocaba. Atualmente é mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PGCA) pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) – Campus de Sorocaba.
Avenida Três de Março, 511, Alto da Boa vista, Sorocaba, Cep: 18087-180.
E-mail: alessandro.junior@unesp.br
ORCID: 0009-0005-5592-7684

Arthur Pereira dos Santos

Doutor, atuando na linha de pesquisa de Geoprocessamento e Modelagem Matemática Ambiental, pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Mestre na linha de pesquisa de Gestão e Monitoramento Ambiental pelo Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), e Engenheiro Ambiental e Sanitarista pela Universidade do Oeste Paulista, com especialização em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

Avenida Três de Março, 511, Alto da Boa vista, Sorocaba, Cep: 18087-180.

E-mail: arthur.p.santos@unesp.br

ORCID: 0000-0002-1913-3562

Darllan Collins da Cunha e Silva

Possui Graduação e Mestrado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) e Doutorado em Ciências Ambientais pela UNESP - Campus de Sorocaba. Também realizou estágio de Pós-doutoramento na Unesp, junto ao Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, na área de Ciências Ambientais, no período de Set/2017 a Set/2018. Atualmente é Professor Assistente Doutor da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Campus de Sorocaba, onde ministra aulas na graduação em Engenharia Ambiental.

Avenida Três de Março, 511, Alto da Boa vista, Sorocaba, Cep: 18087-180.

E-mail: darllan.collins@unesp.br

ORCID: 0000-0003-3280-0478

Recebido para publicação em fevereiro de 2025.

Aprovado para publicação em agosto de 2025.