

Erosividade da Chuva no Município de São Pedro - SP: Análise entre 1960-2020

Rainfall Erosivity in the Municipality of São Pedro - SP: Analysis between 1960 - 2020

Monique de Paula Neves¹ 

José Augusto Di Lollo² 

Palavras-chave:

Erosão
Índice de erosividade
Interpolação

Resumo

No município de São Pedro - SP, a erosão hídrica afeta tanto a área urbana como a rural e acarreta perdas ambientais, sociais e econômicas. Para compreender a dinâmica dos processos erosivos é fundamental conhecer as características do meio físico, entre elas o potencial erosivo das chuvas. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar o potencial erosivo das chuvas no município de São Pedro, localizado na região centro-leste do estado de São Paulo, utilizando dados de chuva mensal para quatro cenários temporais: 1962, 1972, 1988, 2010 e 2020. A análise foi desenvolvida com base na precipitação média anual, Índice de Erosividade (EI30) e Coeficiente de Chuvas (R). Para representar espacialmente a erosividade foi utilizado o método de interpolação Inverso da Potência da Distância (IPD) em ambiente SIG (ArcGIS). Índices mais elevados foram observados nos anos de 1962 e 1972 e indicam que houve uma redução do potencial erosivo. Os resultados permitiram concluir que no município ocorreram chuvas com médio e alto potencial erosivo e, portanto, considerando sua ação conjunta com outros fatores ambientais e antrópicos, pode favorecer a deflagração e evolução das erosões. Além disso, esses resultados são importantes e podem auxiliar ações de manejo e conservação do solo, bem como a gestão do território, em conformidade com as características do meio físico.

Keywords:

Soil erosion
Erosivity
Interpolation

Abstract

In São Pedro-SP, water erosion affects urban and rural areas and causes environmental, social, and economic losses. To understand the dynamics of erosive processes, it is essential to know the characteristics of the physical environment, including rainfall erosivity. In this context, the objective of this work was to characterize the rainfall erosivity in São Pedro, located in the state of São Paulo, using rainfall data of four temporal situations: 1960, 1972, 1988, 2010 and 2020. The analysis was developed based on the mean annual precipitation, rainfall erosivity index (EI30) and Rainfall Coefficient (R). For the spatial distribution of erosivity, the Inverse Distance Interpolation Power (IPD) was used in ArcGIS. The highest indices were observed in 1962 and 1972 and indicate that there was a reduction in erosive potential. The results allow to conclude that in São Pedro, there was rainfall with medium and high erosive potential, and it had a joint action with other environmental and anthropic factors, which could favor the deflagration and evolution of soil erosion. Therefore, these results are important and can help soil management and conservation planning, as well as the management of the territory, by following the characteristics of the physical environment.

¹ Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos, SP, Brasil. moniqueneves.ambiental@gmail.com

² Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, Ilha Solteira, SP, Brasil. jose.lollo@unesp.br

INTRODUÇÃO

A erosão pluvial constitui um dos principais fatores de degradação ambiental em regiões tropicais e subtropicais, ameaçando os recursos ambientais e à produção de alimentos. Esse processo está relacionado com duas condições principais: a primeira refere-se a erosividade da chuva, em função da sua intensidade e duração; a segunda compreende a erodibilidade do solo, por sua vez, relacionada com características físicas e mecânicas, morfológicas e tipo de uso (ZUQUETTE *et al.*, 2007).

Assim, para compreender a dinâmica dos processos erosivos, bem como estimar as perdas de solo, deve-se conhecer o potencial erosivo das chuvas. A erosividade das chuvas, ou seja, o potencial da chuva em causar erosão, relaciona-se diretamente com o impacto das gotas na camada superficial do solo e resulta das suas características físicas, como quantidade, intensidade e intensidade máxima (WISCHMEIER; SMITH, 1958; SANTA'ANNA NETO, 2011).

Para caracterizar o potencial da chuva, Wischmeier e Smith (1958) propuseram o índice de erosividade (EI_{30}), indicado na USLE (*Universal Soil Loss Equation*). O EI_{30} representa o produto entre a energia cinética e a intensidade máxima da chuva e, se baseia nas características físicas da chuva. Entretanto, segundo Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), a aplicação desse índice pode apresentar algumas limitações, pois, para obter os valores de intensidade máxima e de duração da chuva, é necessário realizar uma análise detalhada dos dados pluviométricos.

Desta forma, para estimar a erosividade de maneira indireta, no Brasil, várias equações foram desenvolvidas considerando a relação entre o índice de Fournier modificado, relação entre precipitação média mensal e precipitação média anual, e o EI_{30} (OLIVEIRA; MEDINA, 1990; LOMBARDI NETO; MOLDENHAUER, 1992; RUFINO *et al.*, 1993; GONÇALVES *et al.*, 2006; HICKMANN *et al.*, 2008; CANTALICE *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2010; ALMEIDA *et al.*, 2011).

Especificamente, para o estado de São Paulo, várias pesquisas contemplaram o desenvolvimento de equações, como: Carvalho *et al.* (1991), Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), Roque *et al.* (2001), Colodro *et al.* (2002) e Silva *et al.* (2009). Entre essas, destaca-se a equação de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), desenvolvida a partir de dados pluviométricos disponíveis para o município de

Campinas, que retornou uma ótima correlação entre o coeficiente de chuva e o índice de erosão, possibilitando sua aplicação para outras regiões que não possuem dados pluviométricos.

Após calcular a erosividade, pode-se ainda, representar espacialmente a distribuição da chuva por meio de mapas. Para isso, utiliza-se os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e ferramentas de geoestatística (OLIVEIRA *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2015; TRINDADE *et al.*, 2016; RICARDI, 2020; SILVA NETO *et al.*, 2020). Segundo Oliveira *et al.*, (2015) para a espacialização da erosividade podem ser utilizados os seguintes métodos de interpolação: inverso da distância ponderada (IPD) e krigagem ordinária (KO). A interpolação por meio do IPD estima os valores por meio dos valores do vizinho mais próximo, ponderados pelo inverso da sua distância elevada a uma potência (CARUSO; QUARTA, 1998). Para Li e Heap (2008), Elbasti *et al.* (2013) e Oliveira *et al.* (2015), o IPD é um bom método e se adequa bem a modelagem da erosividade. Além disso, caracteriza-se por um método rápido e simples e não exige muitos pressupostos acerca dos parâmetros do modelo.

Diante dessas considerações, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar espacialmente o potencial erosivo da chuva, no município de São Pedro - SP, a partir de séries históricas de chuva, para o período de 1960 a 2020. Essa caracterização é importante, pois, as características do meio físico, bem como o fator antrópico propiciam a deflagração de erosões lineares. Nesse sentido, estudos relativos à caracterização do potencial da chuva podem fornecer informações importantes, que poderão subsidiar o diagnóstico dos processos erosivos, a implementação de medidas para controle e, a recuperação da erosão.

METODOLOGIA

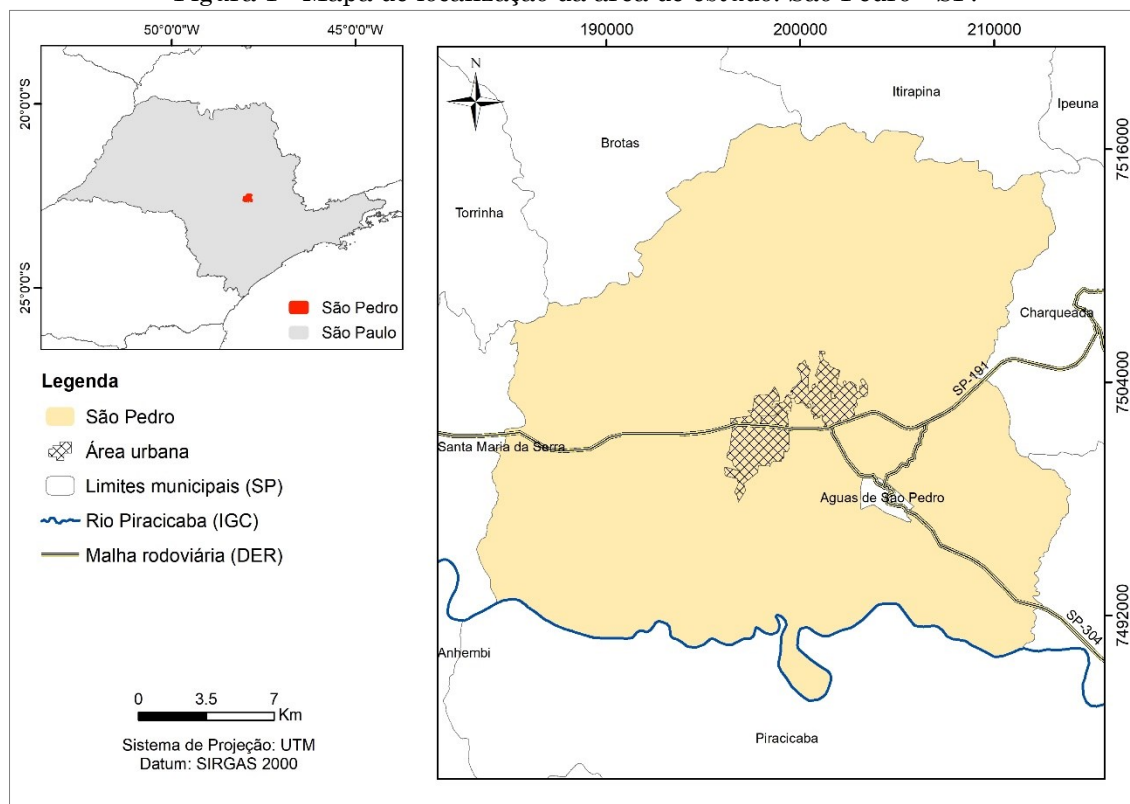
Área de Estudo

A área em estudo compreende o município de São Pedro, localizado na região centro-leste do estado de São Paulo (Figura 1). O município é limitado pelas coordenadas UTM 183000 e 214000 E, e 7480000 e 7517000 N, e apresenta uma área de 611 km² e população estimada de 36.298 habitantes.

O clima de São Pedro é o Cwa (Classificação climática de Köppen) e se caracteriza como mesotérmico, com inverno seco e verão quente

(ALVARES *et al.*, 2014). As temperaturas médias mensais oscilam entre 16 e 27 °C.

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo: São Pedro - SP.



Fonte: Os autores (2022).

Na região, estão presentes rochas e materiais inconsolidados associado à Formação Botucatu, Formação Piramboia, Formação Serra Geral e Formação Bauru (DUARTE, 1980). Os materiais inconsolidados arenosos associados à Formação Piramboia, por exemplo, são classificados como suscetíveis à erosão (GOMES, 2002). Além do mais, as características geomorfológicas e modificações antrópicas contribuem com a dinâmica erosiva (MATHIAS, 2016).

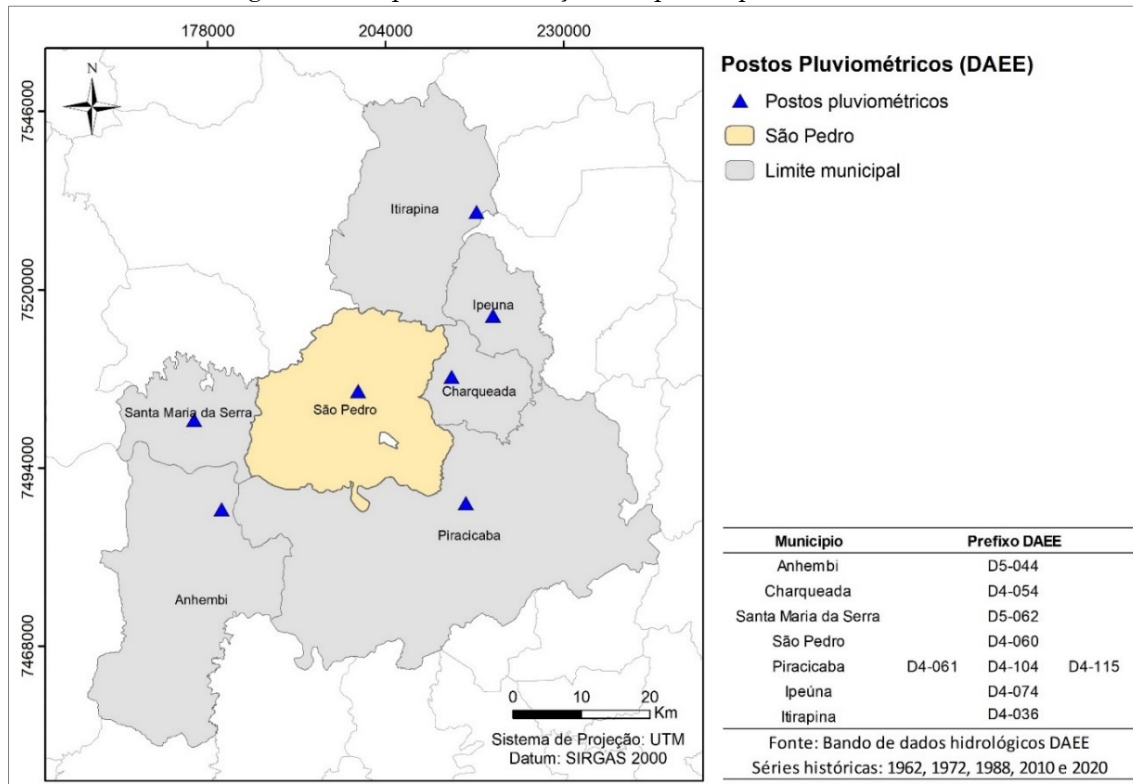
Neste contexto, no município de São Pedro, ocorrem processos erosivos com diferentes estágios evolutivos, afetando tanto a área urbana como rural (SANTORO, 1991; PEJON, 1992; GOMES, 2002; DANIEL, 2012; IPT, 2012). Registros fotográficos, mapas e outros dados da literatura evidenciam a presença de erosões desde 1960. Além do mais, conforme o

mapa de erosão do estado de São Paulo, o município localiza-se em uma região com alta suscetibilidade (KERTZMAN *et al.*, 1995).

Índice de erosividade (EI30) e coeficiente de chuvas (R)

Para calcular o índice de erosividade considerou-se os dados de chuva mensal de 1962, 1972, 1988, 2010 e 2020 disponíveis no banco de dados hidrológicos do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE, 2020). Considerando os postos pluviométricos localizados próximo da área estudada, selecionaram-se os dados de chuva disponíveis para os municípios Anhembi, Charqueada, Ipeúna, Itirapina, Piracicaba, Santa Maria da Serra e São Pedro (Figura 2).

Figura 2 - Mapa de localização dos postos pluviométricos.



Fonte: Os autores (2022).

Para calcular a erosividade da chuva mensal (EI_{30}), considerou-se a equação proposta por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), conforme apresentado na Equação 1. Em seguida, calculou-se o coeficiente de chuva (R), a partir da somatória dos valores de EI_{30} (Equação 2).

$$EI_{30} = 68.73 (p^2/P)^{0.841} \quad \text{Equação 1}$$

$$R = \sum_1^{12} EI_{30} \quad \text{Equação 2}$$

Em que:

EI_{30} = média mensal do índice de erosão (MJ.mm/ha.h.ano);

p^2 = precipitação média mensal (mm);

P = precipitação média anual (mm).

Por fim, para elaborar os mapas de erosividade, procedeu-se com a importação dos dados para o ArcGIS e a interpolação por meio do método da inverso da distância ponderada (IPD). O IPD, por sua vez, estima os valores com base na ponderação de pesos a cada um dos postos pluviométricos mais próximos, isto é, função da inversão da potência da distância (ESRI, 2021), conforme descrito na Equação 3.

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p} z_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p}} \quad \text{Equação 3}$$

Em que:

Z = valor interpolado;

n = número de indivíduos observados;

z_i = valores atribuídos aos indivíduos observados;

d_i = distância entre os indivíduos observados e o interpolado.

Conforme descrito na introdução, a escolha do método IPD se deve ao fato do interpolador apresentar desempenho satisfatório para a obtenção de estimativas anuais do índice de erosividade (LI; HEAP, 2008; ELBASTI *et al.*, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2015; TEIXEIRA *et al.*, 2021). Para representar espacialmente a erosividade anual, considerou-se dois métodos de classificação: intervalo natural (*natural breaks*) e as classes propostas por Carvalho (2008) adaptadas de Foster *et al.* (1981). Dessa forma, a primeira classificação foi adotada para avaliar o agrupamento dos valores intrínsecos aos dados de erosividade; e para fins comparativos com outros mapas, adotou-se também a classificação propostas por Carvalho (2008), conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação para interpretação do coeficiente de chuva (R).

EROSIVIDADE DA CHUVA (MJ. mm/ha.h.ano)	CLASSE
$R \leq 2452$	Muito baixa erosividade
$2452 < R \leq 4905$	Baixa erosividade
$4905 < R \leq 7357$	Média erosividade
$7357 < R \leq 9810$	Alta erosividade
$R \geq 9810$	Muito alta erosividade

Fonte: Carvalho (2008), modificado para a métrica internacional de unidades segundo Foster et al. (1981).

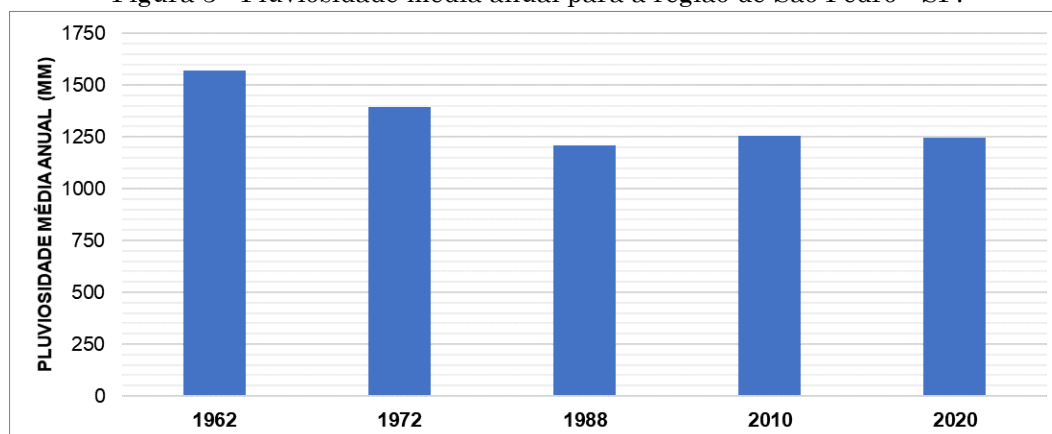
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados dos postos pluviométricos localizados na região de São Pedro, mostraram que a pluviosidade média anual para o período de 1962 a 2020 variou de 1209 a 1572 mm/ano (Figura 3). Comparando os anos de 1962, 1972, 1988, 2010 e 2020, o ano mais chuvoso foi 1962, com precipitação média anual de 1572 mm/ano; já o menos chuvoso foi 1988, com média anual de 1209 mm/ano. Segundo Perez-Filho *et al.* (2011), precipitações pluviométricas elevadas, em torno

de 1400 mm/ano, ocorrem de forma acentuada na região, devido ao efeito orográfico das Serras de São Pedro.

Considerando apenas os dados do posto pluviométrico localizado no município de São Pedro (D4-060), a média pluviométrica mensal para o período de 1962 a 2000 foi de 183.7 mm nos meses mais chuvosos e 54.7 mm nos meses mais secos, como mostra a Figura 4. O período chuvoso se concentrou nos meses de outubro a março, com precipitações médias mensais de 184 mm; e o período seco foi de abril a setembro, com média mensal inferior a 50 mm.

Figura 3 - Pluviosidade média anual para a região de São Pedro - SP.

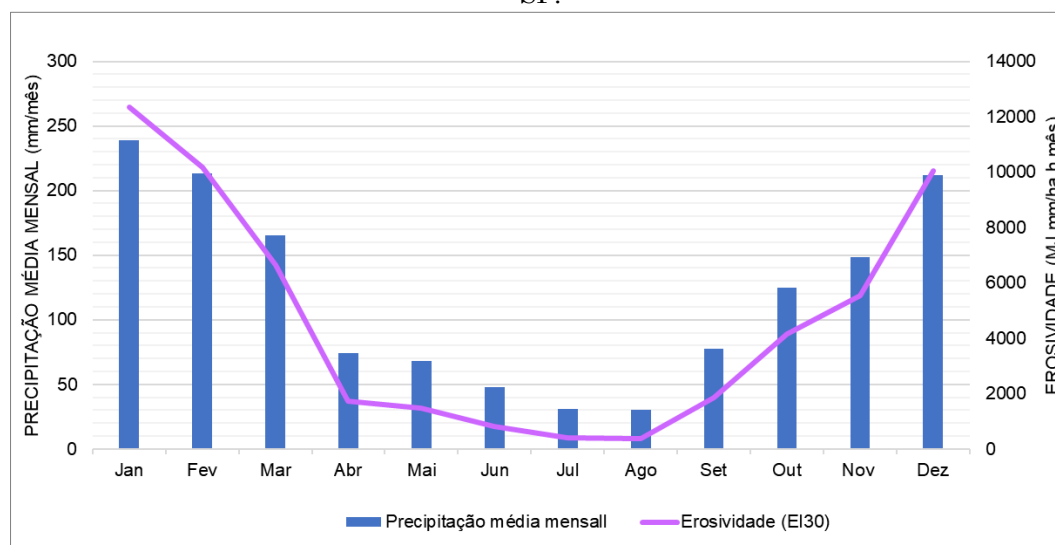


Fonte: Os autores (2022).

Com relação a erosividade, é possível observar maior potencial nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, com valores máximos superiores a $10.000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, devido aos índices pluviométricos elevados. Segundo a classificação de Carvalho (2008), esses valores caracterizam as chuvas com alto poder erosivo. Além do mais, segundo

Perez-Filho *et al.* (2011), a estação chuvosa contribui com o aumento da intensidade das precipitações e, conseqüentemente, da sua capacidade erosiva. Neste contexto, precipitações com alta intensidade podem favorecer tanto a deflagração quanto evolução das erosões na região (DANTAS-FERREIRA, 2008).

Figura 4 - Precipitação média mensal e erosividade entre os anos de 1962 e 2000, considerando a série histórica disponível para o posto pluviométrico D4-060, localizado no município de São Pedro - SP.



Fonte: Os autores (2022).

Considerando todos os dados de chuva da região, o índice de erosividade anual médio para o ano de 1960 foi $7.972 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$; para o ano de 1972 foi de $7.713 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$; para o ano de 1988, $6.184 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$; para o ano de 2010, $6.905 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$; e para o ano de 2020 o valor obtido foi $6.977 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, como mostra a Tabela 2. Assim, todos os valores obtidos representam chuvas com potencial erosivo de médio a alto.

A Figura 5 mostra o mapa de erosividade de erosividade anual (R) a classificação em intervalos naturais. Analisando os mapas para o

período estudado é possível observar a variação temporal da erosividade anual. Na região, chuvas com maiores potenciais ocorreram em 1962 e 1972 e, chuvas com menor potencial ocorreram em 1988 e 2020. Desse modo, verifica-se uma redução do potencial erosivo das chuvas ao longo dos anos. Com relação a essa variabilidade, Mendonça e Danni-Oliveira (2011), citam que o dinamismo da atmosfera e as sucessões do clima, refletem a instabilidade atmosférica, alternância de tempos climáticos e ocorrência da precipitação.

Tabela 2 - Erosividade das chuvas para os anos de 1962, 1972, 1988, 2010 e 2020 para o município de São Pedro - SP.

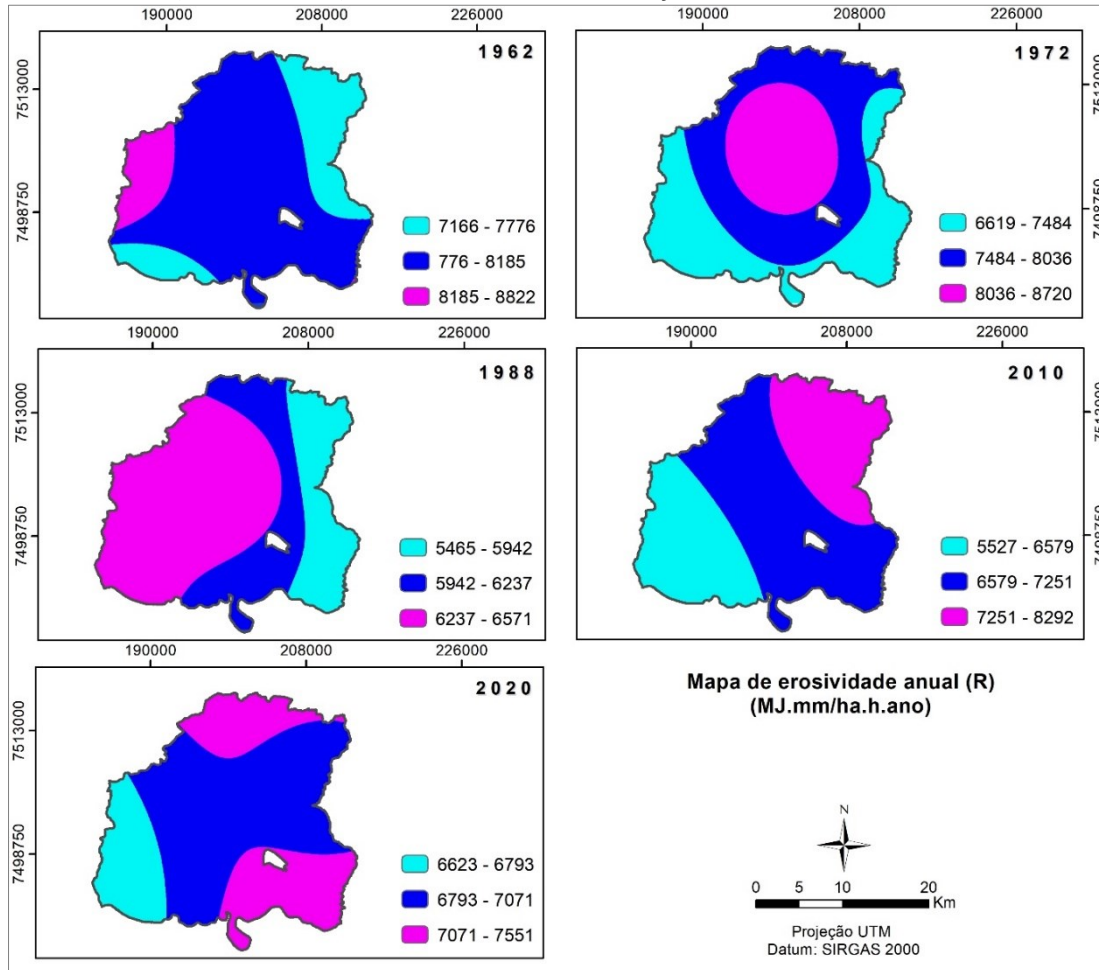
ANO	EROSIVIDADE DAS CHUVAS (MJ.mm/ha.h.ano)		
	MÍNIMA	MÉDIA	MÁXIMA
1962	7.166	7.927	8.822
1972	6.619	7.713	8.720
1988	5.465	6.184	6.571
2010	5.527	6.905	8.292
2020	6.263	6.977	7.551

Fonte: Os autores (2022).

A concentração de valores de erosividade no ano de 1972 (8.036 a $8.720 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), possivelmente está associada com a transição entre o período chuvoso e seco. Ricardi (2020), ao caracterizar a erosividade no estado de São Paulo, também observou concentrações desse tipo nos meses de março, abril, outubro e novembro para o período de 1997 - 2017. Por

outro lado, o paralelismo, representado principalmente no mapa de 2010, relaciona-se com a dinâmica de circulação das massas de ar, bem como formação de frentes frias e quentes. Tal fato, foi observado por outros autores, ao representar espacialmente a erosividade da chuva no estado de São Paulo, como Vieira e Lombardi Neto (1995) e Ricardi (2020).

Figura 5 - Mapa de erosividade anual (R) no município de São Pedro, para os anos de 1962, 1972, 1988, 2010 e 2020, considerando a classificação em intervalos naturais.



Fonte: Os autores (2022).

Para auxiliar a análise e interpretação do potencial erosivo da chuva, adotou-se a classificação proposta por Carvalho (2008). O mapa apresentado na Figura 6 mostra a classificação do município em regiões específicas conforme as classes de erosividade. Em todos os cenários, as chuvas foram classificadas como médio e alto potencial, com exceção do ano de

1988, classificado apenas com médio potencial erosivo.

Assim, chuvas classificadas com alto poder erosivo ocorreram em 1962 e 1972, com percentual significativo no município, isto é, 92 e 61% respectivamente (Tabela 3). Para os anos de 1988, 2010 e 2020, a maioria da região foi classificada como potencial médio, com percentual de ocorrência acima de 90%.

Tabela 3 - Interpretação da erosividade anual (R) conforme a classificação proposta por Carvalho (2008) adaptado de Foster *et al.* (1981).

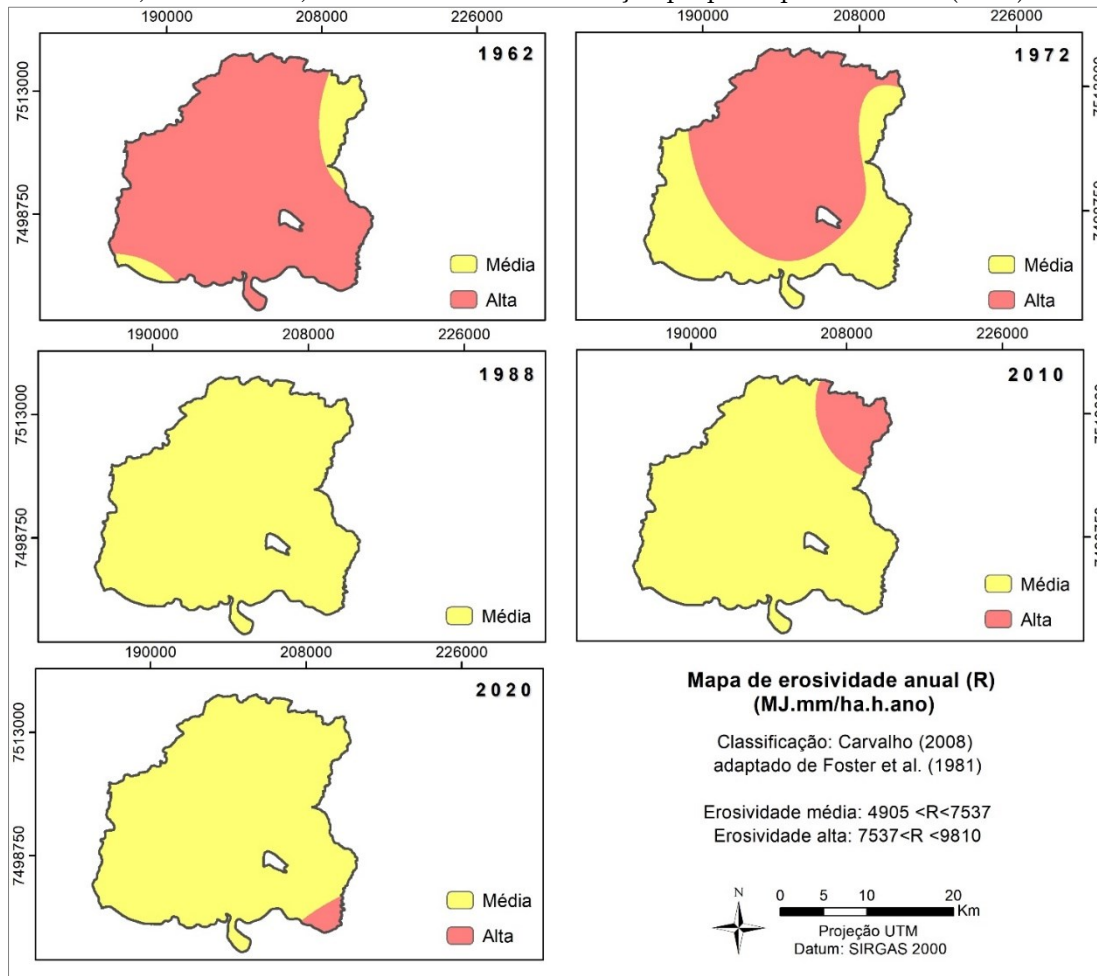
ANO	EROSIVIDADE DAS CHUVAS (MJ.mm/ha.h.ano)	CLASSES DE EROSIVIDADE	% NO MUNICÍPIO
1962	4905 < R ≤ 7357	Média	7.85
	7357 < R ≤ 9810	Alta	92.15
1972	4905 < R ≤ 7357	Média	38.53
	7357 < R ≤ 9810	Alta	61.47
1988	4905 < R ≤ 7357	Média	100.00
2010	4905 < R ≤ 7357	Média	90.65
	7357 < R ≤ 9810	Alta	9.35
2020	4905 < R ≤ 7357	Média	98.16
	7357 < R ≤ 9810	Alta	1.84

Fonte: Os autores (2022).

A classificação da erosividade anual obtida neste trabalho corrobora com os mapas de erosividade do estado de São Paulo, elaborados com a técnica de krikagem (RICARDI, 2020). Considerando os diferentes cenários temporais, as chuvas na região de São Pedro foram classificadas como médio e alto potencial

erosivo, característico nas regiões de serra. Além disso, de modo semelhante aos resultados obtidos deste trabalho, Ricardi (2020) constatou uma redução do valor máximo de erosividade para os períodos mais recentes.

Figura 6 - Mapa de erosividade anual (R) no município de São Pedro, para os anos de 1962, 1972, 1988, 2010 e 2020, considerando a classificação proposta por Carvalho (2008).



Fonte: Os autores (2022).

Com relação aos métodos de classificação, o mapa da Figura 5 classificado com base no método de intervalo natural, possibilitou um melhor entendimento acerca da distribuição dos valores de erosividade no município. Inclusive, foram identificados padrões (concentração de valores e paralelismo), similares a outros mapas de erosividade (VIEIRA; LOMBARDI NETO, 1995; RICARDI, 2020). Por outro lado, o mapa classificado com base em Carvalho (2008) adaptado de Foster *et al.* (1981), reflete melhor o potencial da chuva causar erosão. Essa classificação indica que o potencial da chuva (média e alta) pode contribuir com a deflagração e evolução dos processos na área. Além do mais, para uma região com presença de materiais inconsolidados arenosos suscetíveis e condições de relevo favoráveis à erosão (GOMES, 2002), chuvas com alto potencial erosivo podem condicionar erosões acelerados, como as voçorocas.

A caracterização da erosividade da chuva no município de São Pedro mostrou que para o

período analisado ocorreu mudanças consideráveis na variabilidade temporal do potencial das chuvas frente à erosão. Essas mudanças, podem estar associadas com as mudanças climáticas e ação antrópica, a nível regional e global, que por sua vez, podem modificar as características da chuva (RICARDI, 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostram que a precipitação média anual para a região de São Pedro - SP foi de 1.334 mm/ano. Além disso, a análise considerando apenas o posto pluviométrico D4-060, confirmou-se a diferença entre os períodos chuvosos e seco, bem como a sua influência na erosividade. Nesse sentido, períodos com concentração de chuva, dezembro a fevereiro, aumentam a intensidade das precipitações e,

consequentemente aumentam o potencial erosivo.

Com relação a erosividade anual das chuvas (Fator R), no período de 1962 a 2020, os valores obtidos foram entre 5.527 e 8.822 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹. Logo, no município de São Pedro ocorrem chuvas com médio e alto potencial erosivo. Constatou-se também uma redução do potencial erosivo, todavia, em função das características do meio físico e uso do solo, as chuvas que ocorrem na região podem contribuir tanto com a deflagração como aceleração das erosões.

Desse modo, a análise desenvolvida apresentou um bom desempenho. A disponibilidade de dados de chuva mensal é importante e contribuiu com o entendimento acerca da sua influência nos processos erosivos. O método de interpolação foi satisfatório, e permitiu a representação espacial das chuvas em São Pedro. Além disso, destaca-se a importância de desenvolver análises considerando diferentes períodos temporais para entender a variabilidade das chuvas ao longo dos anos.

Assim, para complementar o entendimento acerca do potencial da chuva causar erosão em São Pedro, recomenda-se que novas análises sejam desenvolvidas, contemplando outros métodos de interpolação com apoio de geoestatística. Por fim, a caracterização do potencial da chuva no município de São Pedro, para o período de 1960 a 2020, pode subsidiar as práticas de manejo e conservação do solo frente ao uso agrícola, bem como pode auxiliar a gestão do território, acerca das diferentes formas de ocupação.

AGRADECIMENTOS

Os autores informam que o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C.O.S.; AMORIN, R.S.S.; COUTO, E.G.; ELTZ, F.L.F.; BORGES, L.E.C., Erosive potential of rainfall in Cuiabá, MT: distribution and correlation with rainfall. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 178–184, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000200011>
- ALVARES, A. C.; STAPE J. L.; SENTELHAS P. C.; GONÇALVES, P. C.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711–728, 2014. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- CANTALICE, J. R.; BEZERRA, S. A.; FIGUEIRA, S. B.; INÁCIO, E. S.; SILVA, M. D. LINHAS ISOEROSIVAS DO ESTADO DE PERNAMBUCO - 1ª APROXIMAÇÃO. **Caatinga**, v. 22, p. 75–80, 2009.
- CARVALHO, M. P. E.; LOMBARDI, NETO F.; VASQUES, J.; CATÁNEO, A. Correlação entre o índice de erosividade EI30 médio mensal e o coeficiente de chuva do município de Mococa, SP. **Científica — Revista de Agronomia**, v. 19, p.1-7, 1991.
- CARVALHO, N. D. O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.
- CARUSO, C.; QUARTA, F. Interpolation methods comparison. **Computers Mathematical Application**, v.35, n.12, p.109-126, 1998, [https://doi.org/10.1016/S0898-1221\(98\)00101-1](https://doi.org/10.1016/S0898-1221(98)00101-1)
- COLODRO, G.; CARVALHO, M.P.; ROQUE, C.G.; PRADO, R.M. Erosividade da chuva: distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica de Teodoro Sampaio (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 809–818, 2002, <https://doi.org/10.1590/S0100-06832002000300027>
- DAEE - Departamento de Águas e Energia. **Postos Pluviométricos**. Available: http://www.hidrologia.dae.sp.gov.br/CTH.Mapas/ugrhi_05/ugrhi_05_plu.html. Access on: jan. 2020.
- DANIEL, E. **Análise do papel da morfologia e do uso do solo na gênese e na distribuição de feições erosivas na Bacia do Córrego Espreado, São Pedro - SP**. 2012, 183 p. Dissertação. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- DANTAS-FERREIRA, M. **Proposta de índice para processos erosivos acelerados a partir de levantamento e diagnóstico geológico-geotécnico das áreas degradadas**. 2008. 447 p. Tese, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.
- DUARTE, U. **Geologia ambiental da área de São Pedro - SP: vetor águas subterrâneas**. 1980. 86p. Doutorado, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1980.

- ELBASIT, M. A.; HUANG, J.; OJHA, C. S. P.; YASUDA, H.; ADAM, E. O. Spatiotemporal changes of rainfall erosivity in Loess Plateau, China. **ISRN Soil Science**, p. 1-8, 2013, <https://doi.org/10.1155/2013/256352>
- ESRI *ArcMap*. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/idw.htm>. Disponível em: <http://resources.arcgis.com/en/home>. Acesso em: 10 dez 2021.
- FOSTER, G.R.; MCCOOL, D.K.; RENARD, K.G.; MOLDENHAUER, W.C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.36, p.355-359, 1981.
- GOMES, D. M. **Mapeamento geológico-geotécnico para análise de feições erosivas concentradas na Bacia do Córrego Ribeirão do Meio, região de São Pedro/SP, na escala 1:20.000**. 2002. 242 f. Dissertação, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.
- GONÇALVES, F.A.; SILVA, D.D.; PRUSKI, F.F.; CARVALHO, D.F.; CRUZ, E.S. Indices and spatialization of rainfall erosivity in Rio de Janeiro State, Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, p. 269–276, 2006, <https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000200004>
- HICKMANN, C.; ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A.; COGO, C.M. Erosividade das chuvas em Uruguaiana, RS, determinada pelo índice EI30, com base no período de 1963 a 1991. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 825–831, 2008, <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000200036>
- IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Relatório técnico - 131.057 - 205**. DAAE/IPT, v. 1, 2012.
- KERTZMAN, F. F.; OLIVEIRA, A. M. S.; SALOMÃO, F. X. T.; GOUVEIA, M. I. F. Mapa de erosão do estado de São Paulo. **Revista do Instituto Geológico**, p.31-36, 1995. <https://doi.org/10.33958/revig.v16iesp.610>
- LI, J.; HEAP, A. D. A review of spatial interpolation methods for environmental scientists. **Australian Government: Geoscience Australia**, GPO Box 378, Canberra, ACT 2601, Australia, 2008, 154 p.
- 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, p.189-196, 1992. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051992000200009>
- MATHIAS, D. T. **Contribuição metodológica para o diagnóstico da dinâmica erosiva linear e seu prognóstico evolutivo visando subsidiar projetos de recuperação**. 2016. 178 p. Tese Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, 2016.
- MENDONÇA, F., DANNI-OLIVEIRA, I. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. Oficina de Textos, São Paulo, 2011. 198p.
- OLIVEIRA JR, R., MEDINA, B. A erosividade das chuvas em Manaus (AM). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.14, p. 235–239, 1990.
- OLIVEIRA, P. T. S.; WENDLAND, E.; NEARING, M. A. Rainfall erosivity in Brazil: a review. **Journal of Soil Science**, v. 100, p.139-147, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2012.08.006>
- OLIVEIRA, J. P. B.; CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; ZANETTI, S. S. Espacialização da erosividade das chuvas no Brasil a partir de séries sintéticas de precipitação, **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, p.558-563, 2015, <https://doi.org/10.5039/agraria.v10i4a4998>
- PEJON, O. J. **Mapeamento geotécnico regional da folha de piracicaba – SP (Escala 1:100.000: estudo de aspectos metodológicos, de caracterização e de apresentação de atributos**. 1992. Tese. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1992.
- PEREZ-FILHO, A.; CARPI JUNIOR, S.; QUARESMA, C. C. Gestão pública e riscos ambientais relacionados a processos erosivos: caso de São Pedro, São Paulo, Basil. **Territorium**, v. 18, p. 219-226, 2011, https://doi.org/10.14195/1647-7723_18_19
- RICARDI, A. M. **Variabilidade espacial e temporal da erosividade das Chuvas (EI30) no estado de São Paulo, Brasil**. 2020. Dissertação. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2020.
- ROQUE, C.G.; CARVALHO, M.P.; PRADO, R.M. Rainfall erosivity factor at Piraju (SP), Brazil: distribution, probability of occurrence, return period and correlation with rainfall coefficient. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, 147–156, 2001, <https://doi.org/10.1590/S0100-06832001000100016>
- RUFINO, R. L.; BISCAIA, R. C. M.; MERTEN, G. H. Determinação do potencial erosivo da chuva do estado do Paraná, através de pluviometria: terceira aproximação. **Revista**

- Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, p.439-444, 1993.
- SANT'ANNA NETO, J. L. A erosividade das chuvas no estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, v. 9, p. 35-49, 2011, <https://doi.org/10.7154/RDG.1995.0009.0004>
- SANTORO, J. **Fenômenos erosivos acelerados na região de São Pedro-SP: Estudo da fenomenologia, com ênfase geotécnica**. 1991. Dissertação. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1991.
- SILVA NETO, V. L.; BATISTA, E. D.; LEAL JUNIOR, W. B.; FABRIS, Z. V.; RODRIGUES, P. J. A. W. Distribuição espacial da erosividade das chuvas na bacia do rio Manuel Alves da Natividade, Tocantins. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 161-175, 2020, <https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-46182>
- SILVA, M.A.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; SANTOS, G. R.; MARQUES, J.J.G.S.M.; MENEZES, M.D.; LEITE, F.P., Evaluation and spatialization of rainfall erosivity in the Rio Doce Valley, central-eastern region of Minas Gerais, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1029-1039, 2010, <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000400003>
- SILVA, R.B.; IORI, P.; SILVA, F.A.M. Proposition and compare of equations to estimate the rainfall erosivity in two cities of São Paulo state. **Irriga**, v. 14, 533-547, 2009. <https://doi.org/10.15809/irriga.2009v14n4p533-547>
- TRINDADE, A.L.; OLIVEIRA, P. T. S.; ANACHE, J. A.; WENDLAND, E. Variabilidade espacial da erosividade das chuvas no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 51, p.1918-1928, 2016. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016001200002>
- TEIXEIRA D. B. S.; CECÍLIO R. A.; OLIVEIRA, J. P. B.; ALMEIDA, L. T.; PIRES, G. F. Rainfall erosivity and erosivity density through rainfall synthetic series for São Paulo State, Brazil: Assessment, regionalization and modeling, **International Soil and Water Conservation**, 2021, <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016001200002>
- VIERA, S. R.; LOMBARDI NETO, F. Variabilidade espacial do potencial de erosão das chuvas do Estado de São Paulo. **Bragantia, Campinas**, v. 54, n. 2, 1995, p. 405-412. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051995000200019>
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Rainfall energy and its relationships to soil loss. **Transactions of the American Geophysical Union**. v. 39, n. 2, p. 285-291, 1958, <https://doi.org/10.1029/TR039i002p00285>
- ZUQUETTE, L. V.; CARVALHO, A. R.; YAMANOUTH, G. R. B. Feições erosivas na bacia do córrego Espraido, São Pedro (SP), seus tipos e evolução entre 1972-2002. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 37, n. 2, 2007, p. 414-425. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2007373414425>

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Monique de Paula Neves fez o levantamento de dados, analisou os dados e redigiu o artigo. José Augusto Di Lollo analisou e discutiu os resultados.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons, que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.