

# REFLEXOS AMBIENTAIS DA PERDA DO SOLO POR EROÇÃO HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAJIBU-MIRIM (SP)

*Data de aceite: 01/04/2024*

### **Vanessa Cézar Simonetti**

Doutora em Ciências Ambientais (UNESP-ICTS)

### **Anderson Trindade de Moura**

Estudante de graduação em Engenharia Ambiental (UNESP-ICTS)

### **Alessandro Xavier da Silva Júnior**

Estudante de graduação em Engenharia Ambiental (UNESP-ICTS)

### **Arthur Pereira dos Santos**

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (UNESP-ICTS)

### **Liliane Moreira Nery**

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (UNESP-ICTS)

### **Darllan Collins da Cunha e Silva**

Professor do Departamento de Engenharia Ambiental e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (UNESP-ICTS)

**Resumo:** A análise da erosão hídrica na bacia do Pirajibu-Mirim revela heterogeneidade nos atributos do solo entre sub-bacias.

Destaca-se a Sub-Bacia 1, maior e mais urbanizada, com menores teores de matéria orgânica. Perdas de solo, principalmente nas categorias leve e moderada, alcançam uma média de 5,92 toneladas por hectare ao ano na bacia. O estudo enfatiza o impacto positivo da cobertura vegetal na redução da erosão, evidenciando menores perdas de solo em sub-bacias mais arborizadas. A análise espacial dos atributos do solo e das perdas por erosão orienta práticas conservacionistas, enquanto o geoprocessamento é essencial para uma gestão eficaz, contribuindo para a saúde pública e a sustentabilidade ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** análise espacial, EUPS, geoprocessamento, monitoramento ambiental.

### IMPACTS OF SOIL DEPLETION FROM WATER EROSION IN THE PIRAJIBU-MIRIM RIVER WATERSHED (SÃO PAULO)

**ABSTRACT:** The analysis of water erosion in the Pirajibu-Mirim basin reveals heterogeneity in soil attributes among sub-basins. Sub-Basin 1 stands out as the largest and most urbanized, with lower organic matter content. Soil losses, particularly in the

Light and Moderate categories, average 5.92 tons per hectare per year in the basin. The study emphasizes the positive impact of vegetation cover on erosion reduction, highlighting lower soil losses in more forested sub-basins. Spatial analysis of soil attributes and erosion losses guides conservation practices, while geoprocessing is essential for effective management, contributing to public health and environmental sustainability.

**KEYWORDS:** environmental monitoring, geoprocessing, spatial analysis, universal soil loss equation.

## INTRODUÇÃO

O solo desempenha um papel fundamental na vida humana e na biodiversidade, armazenando elementos essenciais (FAO, 2017). A falta de manejo adequado pode prejudicar a produtividade do solo, enquanto o excesso de fertilizantes químicos pode agravar problemas ecológicos e climáticos (SILVA et al., 2020; TIAN et al., 2012; FAO, 2017). A erosão hídrica global causa a perda anual de bilhões de toneladas de solo (WOLKA et al., 2021; BORRELLI et al., 2017). Essa erosão carrega nutrientes e sedimentos para os corpos d'água, impactando a saúde e o meio ambiente (SILVA et al., 2018; CUNHA et al., 2016).

A equação universal de perda de solo (EUPS) tem sido amplamente usada para estimar a perda de solo, aplicada em todo o mundo (VATANDAŞLAR; YAVUZ, 2017; DAS et al., 2018). Estudos destacam a importância de fatores como topografia e uso da terra na erosão do solo (DAS et al., 2018). O geoprocessamento, especialmente em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), tem desempenhado um papel vital no diagnóstico e monitoramento ambiental (SIMONETTI; SILVA; ROSA, 2019).

No entanto, pesquisas sobre a perda do solo e seus impactos nas bacias hidrográficas ainda estão em estágios iniciais. O presente estudo visa estimar perdas de solo devido à erosão hídrica, identificando sub-bacias críticas para o transporte de partículas de solo em cursos de água.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada em Sorocaba, São Paulo, abrangendo 450.382 km<sup>2</sup> e uma população estimada em 679.378 habitantes (IBGE, 2019). Sorocaba faz parte da Região Metropolitana de Sorocaba (RMS), conhecida por sua atividade econômica voltada e produção industrial avançada (EMPLASA, 2019). A bacia hidrográfica do rio Pirajibu-Mirim, com 55,35 km<sup>2</sup>, é uma fonte vital de água, incluindo o represado Ferraz, que fornece 10% da coleta de água do município, com outorga para 900 m<sup>3</sup>/h durante 24 horas (SAAE, 2016).

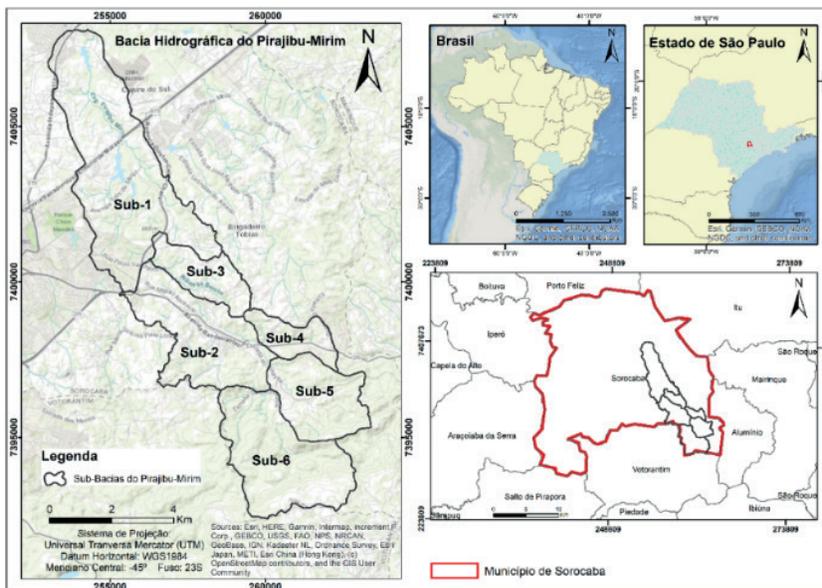


Figura 1: Localização da área de estudo.

## Equação Universal da Perda de Solos (EUPS)

A EUPS consiste em uma equação para estimar a perda média anual de solos por erosão hídrica, sendo proposta por Wischmeier e Smith (1978) (Equação 1).

$$A = R \times K \times LS \times CP \quad (1)$$

Em que:

A é a perda de solo por unidade de área no tempo (t/ha);

R é o fator erosividade da chuva (MJ.mm/h.ha);

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

LS é o fator topográfico englobando a declividade e comprimento de rampa (adimensional);

C é o fator de uso e manejo do solo (adimensional);

P é o fator de prática conservacionista do solo (adimensional).

De acordo com Silva et al. (2018), tanto o fator C quanto o P se diferenciam dos demais fatores por serem antrópicos, estando relacionados à ocupação e uso das terras.

O método utilizado neste estudo foi adaptado de acordo com a abordagem proposta por Simonetti et al. (2022), visando aprimorar a análise da crítica situação dos solos na bacia hidrográfica do rio Pirajibu-Mirim. Utilizando amostras de solo em 30 pontos estratégicos, o emprego do Sistema de Informação Geográfica (SIG) permitiu uma análise detalhada da distribuição de nutrientes.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos fatores de perda de solos na bacia hidrográfica do Pirajibu-Mirim, conforme ilustrado na Figura 2, revelam que o Fator R variou entre 6.878 MJ.mm/h.ha e 8.933 MJ.mm/h.ha, com uma média de 8.058 MJ.mm/h.ha e uma amplitude de 2.055 MJ.mm/h.ha. As porções Norte, Central e Sudeste da bacia hidrográfica apresentaram os maiores valores de R.

Em comparação com outras localidades, como a bacia hidrográfica do rio Una em Ibiúna, que registrou um valor médio anual de erosividade da chuva de 6.660 MJ.mm/h.ha, e estudos no Vale do Ribeira Paulista, onde os valores variaram entre 5.360,60 e 9.278,75 MJ.mm/h.ha, com uma média de 3.918,15 MJ.mm/h.ha, se enquadra nas classes moderada a baixo. Os resultados de erosividade da chuva na bacia do rio Pirajibu-Mirim, quando comparados às classes estabelecidas por Carvalho (2008), indicam que a bacia se enquadra nas classes de moderada a forte (6.878 MJ.mm/h.ha) até forte (8.933 MJ.mm/h.ha).

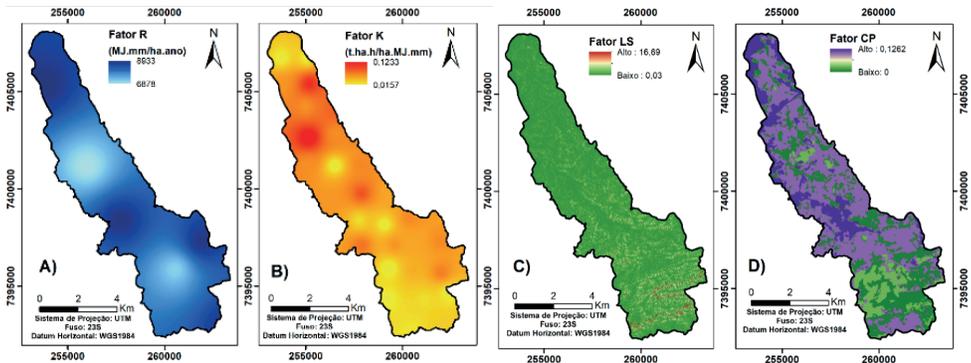


Figura 2: Fatores utilizados na Equação Universal de Perda de solos (EUPS).

A compreensão do Fator R é crucial para identificar as áreas mais propensas à erosão hídrica em bacias hidrográficas.

Os dados quantitativos estão detalhados por sub-bacias na Tabela 1. Na análise das sub-bacias, destaca-se que a Sub-Bacia 1 registra expressivos 99,64% das perdas de solo nas categorias Leve a Moderada. A classe Leve predomina, cobrindo 1.616,83 ha, enquanto a classe Alta representa apenas 0,36%, equivalente a 7,12 ha.

A Sub-Bacia 2 apresenta 75,22% na categoria Leve, abrangendo 778,14 ha, e 22,62% na categoria Moderada, totalizando 234,06 ha. A categoria Alta exibe os menores percentuais, com 2,16% e uma área mínima de 22,34 ha.

Já a Sub-Bacia 3 revela 75,42% (306,91 ha) na classe Leve, 22,89% (93,15 ha) na Moderada e apenas 1,69% (6,89 ha) na classe Alta. Quanto à Sub-Bacia 4, Leve e Moderada representam 97,64%, cobrindo 288,19 ha, sem a presença da classe Muito Alta, similar às Sub-Bacias 1, 2 e 3.

A Sub-Bacia 5 detém 98,30% nas classes Leve e Moderada, totalizando 646,56 ha, enquanto Alta e Muito Alta somam 1,70% (11,23 ha). Por fim, a Sub-Bacia 6 apresenta 92,88% (1.052 ha) na categoria Leve, 6,26% (72,32 ha) na Moderada, e 0,86% (0,86 ha) na Alta, não sendo observada nenhuma classificação Muito Alta para essa sub-bacia.

Tabela 1: Dados quantitativos da perda de solo por sub-bacias.

Sub-Bacias	Classes de Perda de Solo	Área (ha)	%	Sub-Bacias	Classes de Perda de Solo	Área (ha)	%
1	Leve	1.616,83	81,48	4	Leve	227,47	77,07
	Moderada	360,35	18,16		Moderada	60,72	20,57
	Alta	7,12	0,36		Alta	6,97	2,36
	Muito Alta	*	*		Muito Alta	*	*
2	Leve	778,14	75,22	5	Leve	548,58	83,4
	Moderada	234,06	22,62		Moderada	97,98	14,9
	Alta	22,34	2,16		Alta	11,2	1,7
	Muito Alta	*	*		Muito Alta	0,03	0
3	Leve	306,91	75,42	6	Leve	1.052	92,88
	Moderada	93,15	22,89		Moderada	70,95	6,26
	Alta	6,89	1,69		Alta	9,7	0,86
	Muito Alta	*	*		Muito Alta	*	*

Fonte: Autoria própria.

## CONCLUSÕES

As perdas de solo foram predominantes nas categorias Leve e Moderada, com uma média de 5,92 toneladas por hectare ao ano em toda a bacia hidrográfica. Ressalta-se a importância da vegetação na contenção da erosão, observando menores perdas de solo e nutrientes em sub-bacias com maior cobertura vegetal. A análise espacial dos atributos do solo, em conjunto com as perdas relacionadas à erosão hídrica, é crucial para o monitoramento e a implementação de práticas conservacionistas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORRELLI, P. et al. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. **Nature Communications**, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2017.

CUNHA, D. G. F.; SABOGAL-PAZ, L. P.; DODDS, W. K. Land use influence on raw surface water quality and treatment costs for drinking supply in São Paulo State (Brazil). **Ecological Engineering**, v. 94, p. 516-524, 2016.

DAS, B.; PAUL, A. et al. Soil erosion risk assessment of hilly terrain through integrated approach of RUSLE and geospatial technology: a case study of Tirap District, Arunachal Pradesh. **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 4, n. 1, p. 373-381, 2018.

EMPLASA – Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo S. A. **Plano de Ação da Macrometrópole Paulista** 2013/2040. São Paulo: Emplasa, 2019. Disponível em: <<https://www.observatoriodasmetropoles.net.br/plano-macrometropole-paulista-2040/>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2020.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Voluntary Guidelines for sustainable soil management food and agriculture organization of the United Nations**. Rome-Italy, 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sorocaba/panorama>>. Acesso em: 29 de julho de 2020.

SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto (2016). **Adequação e Revisão do Plano Diretor do Sistema de Abastecimento de Água de Sorocaba**. 2016. 205p. Disponível em: <<https://www.saaesorocaba.com.br/downloads/314++Plano+Diretor+do+SES+de+Sorocaba++Volume+I.pdf>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2020.

SILVA, D. C. C. et al. Proposta metodológica para análise espacial de nutrientes do solo em bacias hidrográficas. **Sociedade & Natureza**, v. 30, n. 3, p. 85-107, 2018.

SILVA, D. C. C. et al. Análise espacial do custo de reposição de nutrientes do solo em uma bacia hidrográfica. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 13, n. 1, 2020.

SIMONETTI, V. C.; SILVA, D. C. C.; ROSA, A. H. Proposta metodológica para identificação de riscos associados ao relevo e antropização em áreas marginais aos recursos hídricos. **Scientia Plena**, v. 15, n. 2, 2019.

SIMONETTI, V. C.; SILVA, D. C. C.; ROSA, A. H. Reflexos ambientais da perda de nutrientes do solo por erosão hídrica na bacia hidrográfica do rio Pirajibu-Mirim (SP). **Caminhos de Geografia, Uberlândia**, v. 23, n. 87, p. 84–102, 2022.

TIAN, H.Q. et al. Food benefit and climate warming potential of nitrogen fertilizer uses in China. **Environmental Research Letters**, v. 7, n. 4, p. 044020, 2012.

VATANDAŞLAR, C.; YAVUZ, M. Modeling cover management factor of RUSLE using very high-resolution satellite imagery in a semiarid watershed. **Environmental Earth Sciences**, v. 76, n. 2, p. 65, 2017.

WOLKA, K. et al. Effects of soil bunds on surface runoff, erosion and loss of nutrients. **Science of The Total Environment**, p. 142877, 2021.