

ESTIMATIVAS DE PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS POR EROSÕES LINEARES NAS MICROBACIAS DO RIBEIRÃO DA RANCHARIA E DO RIBEIRÃO DO BUGIO-SP

ESTIMATIVE OF SEDIMENTS PRODUCTION BY LINEAR EROSIONS IN BASINS FROM RANCHARIA AND BUGIO STREAMS

ESTIMATIONS DE LA PRODUCTION DE SÉDIMENTS PAR ÉROSIONS LINÉAIRES DANS LES MICROBASSINS DE LA RIVIÈRE RANCHARIA ET DE LA RIVIÈRE BUGIO-SP

Alyson Bueno Francisco

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7632-9249>

Doutorado em Geografia, Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Email: alysonbueno@gmail.com

Submetido: 12/02/2024; Aceito: 10/11/2025

Resumo

As microbacias hidrográficas localizadas nas áreas urbanas paulistas, próximas dos divisores de águas das bacias do Rio Paranapanema e do Peixe, apresentam muitos focos de erosões de grande porte. A microbacia do Ribeirão da Rancharia apresenta 3 erosões urbanas e 22 erosões rurais de grande porte e a microbacia do Ribeirão do Bugio, em Quatá, apresenta 26 erosões rurais e uma boçoroca urbana. A metodologia para estimar a perda de solos em boçorocas é feita pelo cálculo geométrico do volume em relação à densidade do solo. A partir das áreas das boçorocas urbanas previamente mapeadas e de uma área média de 500 m² para as erosões rurais, do volume e da densidade do solo de 1,55 g/cm³, foram estimadas as perdas de solo em ambas as microbacias hidrográficas. A estimativa de produção de sedimentos na microbacia em Rancharia foi de 17.350 t/ano e na microbacia em Quatá foi de 144.340 t/ano, sendo a boçoroca urbana de Quatá responsável por 95% dos sedimentos produzidos na microbacia do Ribeirão do Bugio. No caso de Rancharia, as obras de controle de erosão urbana e a distância do divisor de águas contribuíram para a estabilidade das boçorocas urbanas, sendo parceladas as estimativas de áreas periurbanas.

Palavras-chave: erosão; boçoroca; sedimentos

Abstract

The hydrographical basin located in urban areas in São Paulo State, next of water sheds of the Paranapanema and Peixe River basins, present many foci of large erosions. The greenbasin of Ribeirao da Rancharia has 3 urban erosions and 22 large rural erosions and the microbasin of the Bugio Stream, in Quata, has 26 rural erosions and an urban gully. The methodology for estimating the loss of soils in gullies is made by the geometric calculation of the volume in relation to the density of the soil. From the areas of the previously mapped urban gullies and an average area of 500 m² for rural erosions, the volume and soil density of 1.55 g/cm³, soil losses were estimated in both watersheds. The estimated production of sediments in the basin in Rancharia was 17,350 t/year and in the watershed in Quata it was 144,340 t/year, and the urban gully of Quatá was responsible for 95% of the sediments produced in the microbasin of the Bugio River. In the case of Rancharia, the urban erosion control works and the distance from the watershed contributed to the stability of the urban gullies, and the estimates between the urban and rural areas were divided.

Keywords: erosion; gully; sediments

Résumé

Les bassins versants situés dans les zones urbaines de São Paulo, près des bassins versants des bassins versants des rivières Paranapanema et Peixe, présentent de nombreux foyers de grandes érosions. Le microbassin du Rio de Rancharia présente 3 érosions urbaines et 22 grandes érosions rurales et le microbassin du Rio do Bugio, à Quatá, présente 26 érosions rurales et une ravine urbaine. La méthodologie d'estimation de la perte de sols dans les ravines est réalisée par le calcul géométrique du volume en fonction de la densité du sol. À partir des zones des ravines urbains précédemment

cartographiées et d'une superficie moyenne de 500 m² pour les érosions rurales, à partir du volume et de la densité du sol de 1,55 g/cm³, les pertes de sol dans les deux bassins versants ont été estimées. La production de sédiments estimée dans le microbassin de Rancharia était de 17,350 t/an et dans le microbassin de Quatá de 144,340 t/an, le ravin urbain de Quatá étant responsable de 95% des sédiments produits dans le bassin versant de la rivière Bugio. Dans le cas de Rancharia, les travaux de lutte contre l'érosion urbaine et la distance du bassin versant ont contribué à la stabilité des ravines urbains, et les estimations ont été réparties entre les zones urbaines et rurales.

Mots-clés: érosion; ravin; sédiments

INTRODUÇÃO

As alterações no uso do solo e principalmente a implantação de práticas agrícolas com ausência de práticas conservacionistas e a falta de planejamento urbano adequado às condições de fragilidade do solo tornaram a perda de solo num processo impactante aos recursos hídricos.

Diante deste cenário contemporâneo de impactos provocados pela erosão de solos e assoreamentos de fundos de vale, ampliam-se os métodos para quantificar as taxas de produção de sedimentos.

No Brasil, as perdas de solo são estimadas em aproximadamente 848 milhões de toneladas ao ano. No meio rural pelas atividades agrícolas, a erosão de solos pode ser controlada pelas corretas práticas de manejo e conservação do solo, ao passo que nas áreas periurbanas o problema da perda acelerada de solos pode ser gerado pelas condições de escoamento das águas pluviais nas áreas urbanas, bem como devido os escoamentos concentrados pelas condições de degradação do solo nas áreas rurais (MERTEN; MINELLA, 2013).

Através de pesquisas sobre os depósitos sedimentares recentes e datações de sedimentos, Wilkinson e McErloy (2007) constataram que as taxas atuais de erosão geológica (aproximadamente 21 GT/ano) foram superadas pelas taxas de perda de solos decorrentes das atividades humanas (aproximadamente 75 GT/ano). Montgomery (2007), através de estimativa de produção de sedimentos em diferentes usos do solo, constatou que 65% da produção de sedimentos é atualmente provocada pelas atividades agropecuárias.

Em regiões tropicais brasileiras, incluindo nas áreas com vegetação nativa não alterada pela ação humana, o excedente hídrico pode provocar o desprendimento e transporte de sedimentos, mas o escoamento difuso e a interceptação das gotas de precipitação pluvial pelas folhas dos vegetais diminuem a energia cinética do impacto dessas gotas d'água. De acordo com Lepsch (2002), a perda de solo em uma área de mata nativa é de 4 kg/ha/ano, mas em uma mesma e mesmo período em área de pastagem essa perda pode chegar a 700 kg.

Oliveira (1994), ao analisar a evolução dos depósitos tecnogênicos, apresenta uma estimativa de produção de sedimentos na microbacia do Ribeirão da Rancharia e constatou que em apenas na porção da bacia que contém a área urbana, envolvendo as principais feições erosivas, com cerca de 10 km², encontra-se uma taxa de produção de sedimentos de cerca de 4.200 t/km²/ano.

Francisco (2017) apresenta com dados topográficos, o desenvolvimento da boçoroca do Córrego do Grito em Rancharia, incluindo os impactos causados pela erosão remontante desencadeada em eventos de chuvas concentradas em 1997 e 2015, sendo necessárias obras custeadas com recursos públicos para o controle da erosão urbana.

De acordo com Almeida *et al.* (2013), existem aproximadamente 40 mil focos erosivos no Estado de São Paulo, sendo cerca de 1.750 focos erosivos localizados em áreas urbanas. Estes focos erosivos urbanos representam as principais áreas de produção de sedimentos, comprometendo os recursos hídricos com o assoreamento e a poluição gerada pelos resíduos sólidos.

A erosão periurbana é um problema que apresenta impactos às áreas urbanizadas e às áreas de uso rural. Nas áreas de uso rural, se localizadas no perímetro urbano, as atividades pecuárias comprometem a manutenção das áreas de preservação permanente e a implantação de medidas de recuperação pelo reflorestamento com espécies nativas e exóticas.

A respeito das análises espaço-temporais de boçorocas com o uso de geotecnologias, Vandekerckhove *et al.* (2001) apresentam uma metodologia de estimativa de perdas de solo em boçorocas a partir de informações

de fotos aéreas, através de dados de área e talvegue da microbacia hidrográfica, das áreas e comprimentos das boçorocas e de vazão dos cursos d'água.

Casalí-Sarasibar *et al.* (2015) propõem a obtenção de volumes das boçorocas a partir de dados topográficos em seções transversais da boçoroca, considerando as irregularidades no fundo e nas paredes da boçoroca.

Através da geração de banco de dados em Sistema de Informação Geográfica é possível uma análise espacial com variáveis de topográficas, geológicas, hidrológicas, pedológicas e geomorfológicas para elaboração de mapeamento de suscetibilidade em grandes escalas cartográficas das áreas de risco de desenvolvimento das boçorocas (ARABAREMI *et al.*, 2019).

No monitoramento de boçorocas em grandes escalas, inclusive para análise do fenômeno da perda de solo por erosão linear em microbacias hidrográficas de áreas periurbanas, existe a necessidade de integração do georreferenciamento de imagens, sistemas de informação geográfica e topografia. A topografia e o trabalho de campo são importantes, pois a existência de árvores e edificações nas áreas periurbanas impede a aquisição de dados apenas pela interpretação de fotos aéreas ou interpretação de imagens de sensores orbitais.

O objetivo da pesquisa é apresentar uma estimativa de perda de solos em boçorocas, sendo uma metodologia inovadora diante da dificuldade de análise dos detalhes na escala topográfica com dados empíricos. A partir da estimativa de perdas de solos nas boçorocas é possível propor um diagnóstico mais preciso com dados para indicar as formas de controle da erosão urbana.

MATERIAL E MÉTODO

A respeito da área de estudo, segundo Fernandes e Coimbra (2000), as microbacias do Ribeirão da Rancharia e do Ribeirão do Bugio estão localizadas na formação arenítica do Vale do Rio do Peixe, pertencente ao Grupo Bauru.

Nas microbacias do Ribeirão da Rancharia e Ribeirão do Bugio são identificados Latossolos Vermelhos e Argissolos Vermelhos com alta erodibilidade (OLIVEIRA *et al.*, 1999). A figura 1 apresenta a localização das microbacias hidrográficas na sub-bacia do Rio Capivara.

A microbacia do Ribeirão da Rancharia pertence à Bacia do Rio Paranapanema, sendo o Ribeirão da Rancharia um afluente do Rio Capivari pertencente à sub-bacia do Rio Capivara, localizada na Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Médio Paranapanema.

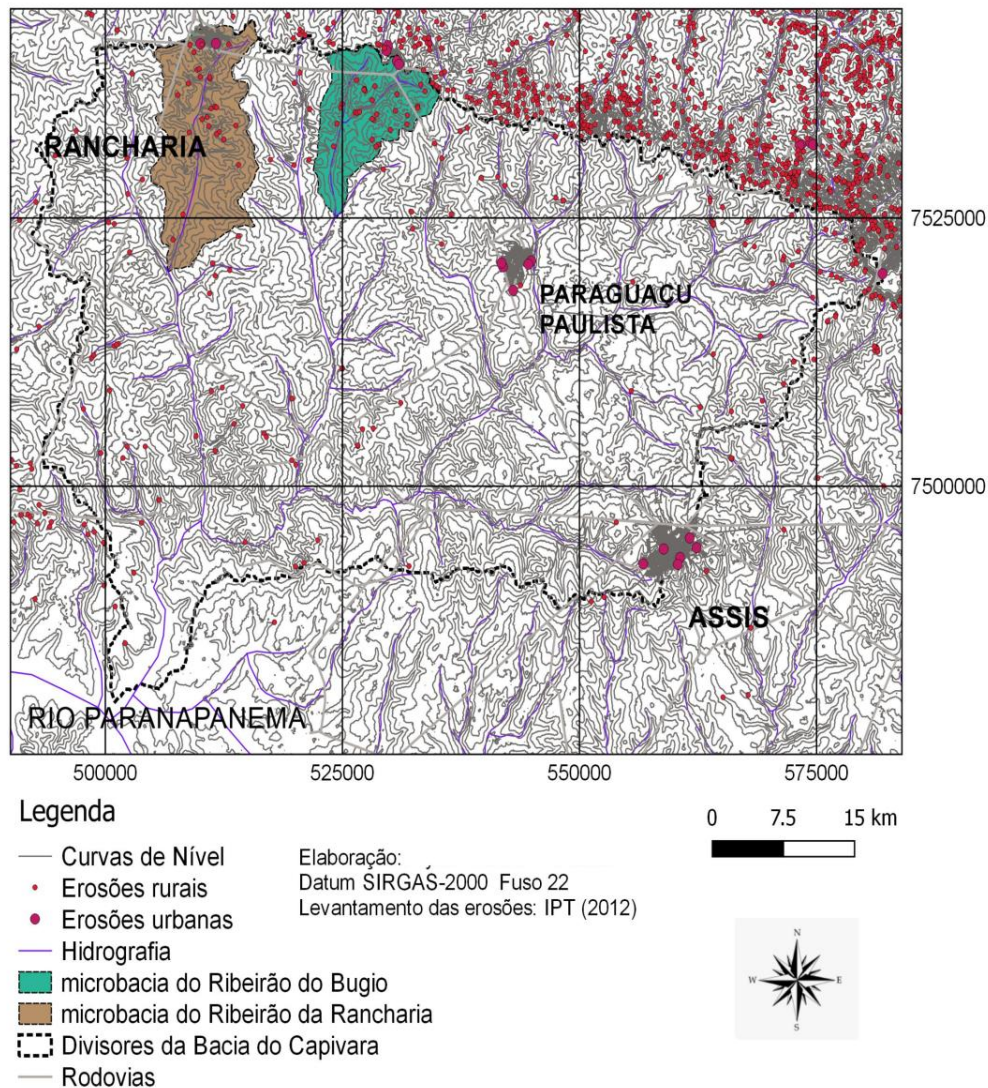
A microbacia do Ribeirão da Rancharia possui uma área de 18.220 ha, cuja porção norte abrange aproximadamente 85% da área da cidade de Rancharia, com cotas altimétricas entre 540 e 380 m. O talvegue do Ribeirão da Rancharia possui 24,7 km de extensão. A microbacia hidrográfica apresenta baixa densidade de drenagem e sentido paralelo aos escoamentos superficiais. A figura 2 apresenta a localização da microbacia do Ribeirão da Rancharia.

A microbacia hidrográfica possui 22 erosões rurais de grande porte e 3 erosões urbanas: a boçoroca do Córrego do Grito, a boçoroca do Córrego Água da Lavadeira e a boçoroca do Córrego Água de Santa Tereza. A boçoroca do Córrego do Grito foi detalhada em estudo apresentado por Francisco (2017), do qual ocorreram erosões remontantes em 1997 e 2015. A boçoroca da Água da Lavadeira foi parcialmente aterrada com a construção do sistema de macrodrenagem urbana na porção sul da cidade de rancharia, onde são direcionados os esgotos urbanos e industriais. A boçoroca da Água de Santa Tereza foi recuperada com a construção de lagoas de tratamento de esgoto da porção leste da área urbana de Rancharia.

Oliveira (1994) ao estimar a produção de sedimentos na microbacia do Ribeirão Rancharia pelo uso de aerofotogrametria e dados sobre densidade dos solos, constatou que:

O volume total do depósito [...] é da ordem de 1 milhão de m³, sendo 800.000 m³ no vale do Rancharia e 200.000 m³ no do Grito, portanto, da ordem de grandeza do volume da maior feição erosiva, a ravina da Lucant (600.000 m³). Considerando-se apenas a porção da bacia que contém a área urbana, envolvendo as principais feições erosivas, com cerca de 10 km², encontra-se uma taxa de produção de sedimentos de cerca de 2.900 m³/km²/ano (OLIVEIRA, 1994, p. 178).

Figura 1 – Carta topográfica e de erosões da Bacia do Rio Capivara-SP



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Na microbacia do Ribeirão do Bugio, localizada em Quatá, foram identificadas 2 erosões urbanas (uma boçoroca) e 26 erosões rurais de grande porte, segundo o levantamento realizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2012).

A área do divisor de águas no município de Quatá está localizada na formação arenítica do Vale do Rio do Peixe, com trechos próximos da Formação Marília com cotas altimétricas entre 540 e 570 m, que apresenta alta suscetibilidade à erosão. A figura 3 apresenta a topografia e a distribuição dos focos erosivos lineares na microbacia do Ribeirão do Bugio.

A boçoroca do Ribeirão do Bugio possui duas cabeceiras localizadas a aproximadamente 50 m do divisor de águas e da linha férrea, possuindo uma área de 5,7 ha.

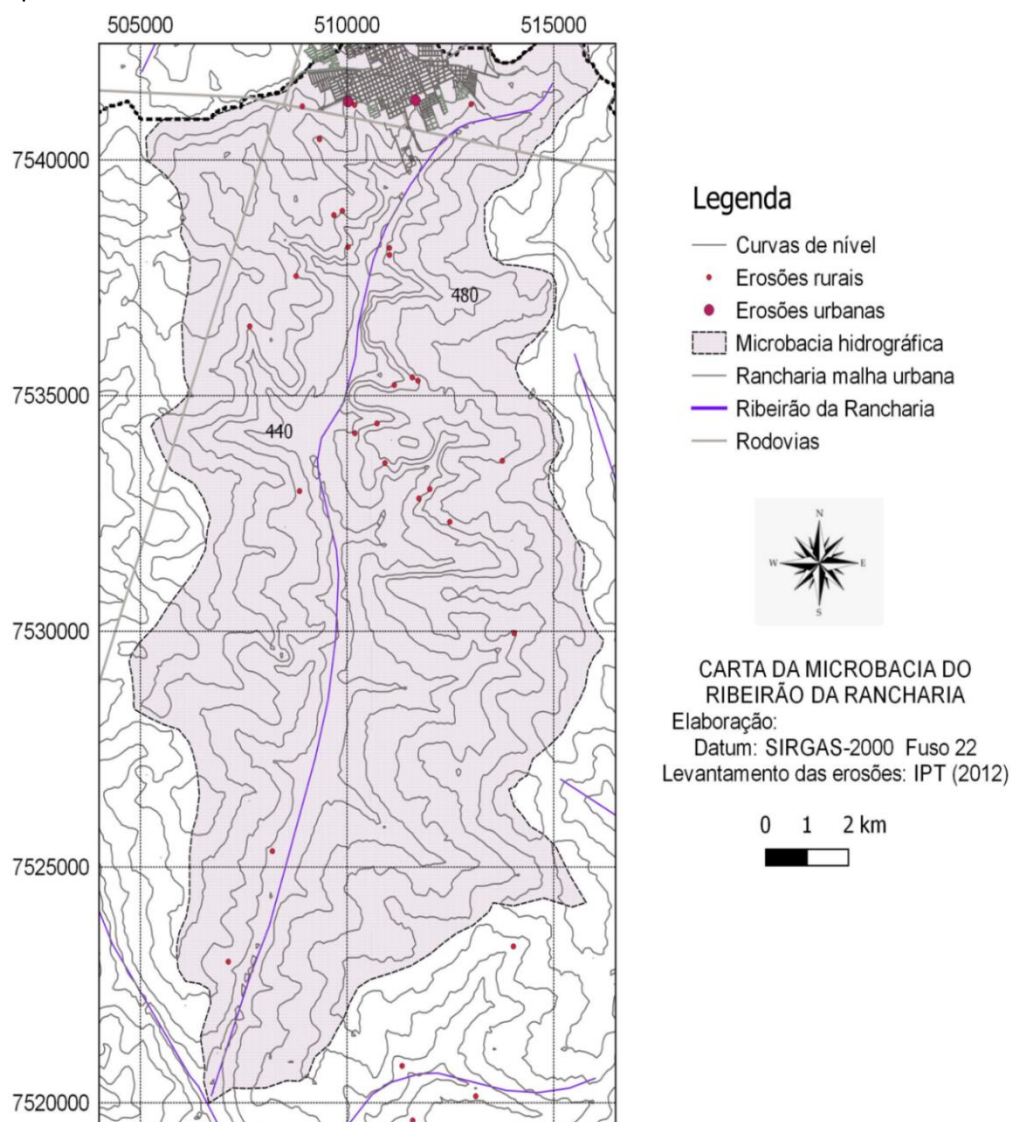
A partir do banco de dados geográfico no sistema QGIS, com a localização das erosões lineares e das áreas das boçorocas, foram elaboradas planilhas com as áreas para realizar as estimativas de perdas de solo. Para estimar as perdas de solo por erosões lineares (boçorocas e ravinas), foi adotada como referência a estimativa da boçoroca do córrego do grito, principal fonte de produção de sedimentos da microbacia do Ribeirão da Rancharia, conforme metodologia de Francisco (2017).

A densidade do solo foi calculada com base na média das amostras analisadas por Oliveira (1994) referentes aos perfis pedológicos investigados nas cabeceiras do Ribeirão da Rancharia. a semelhança

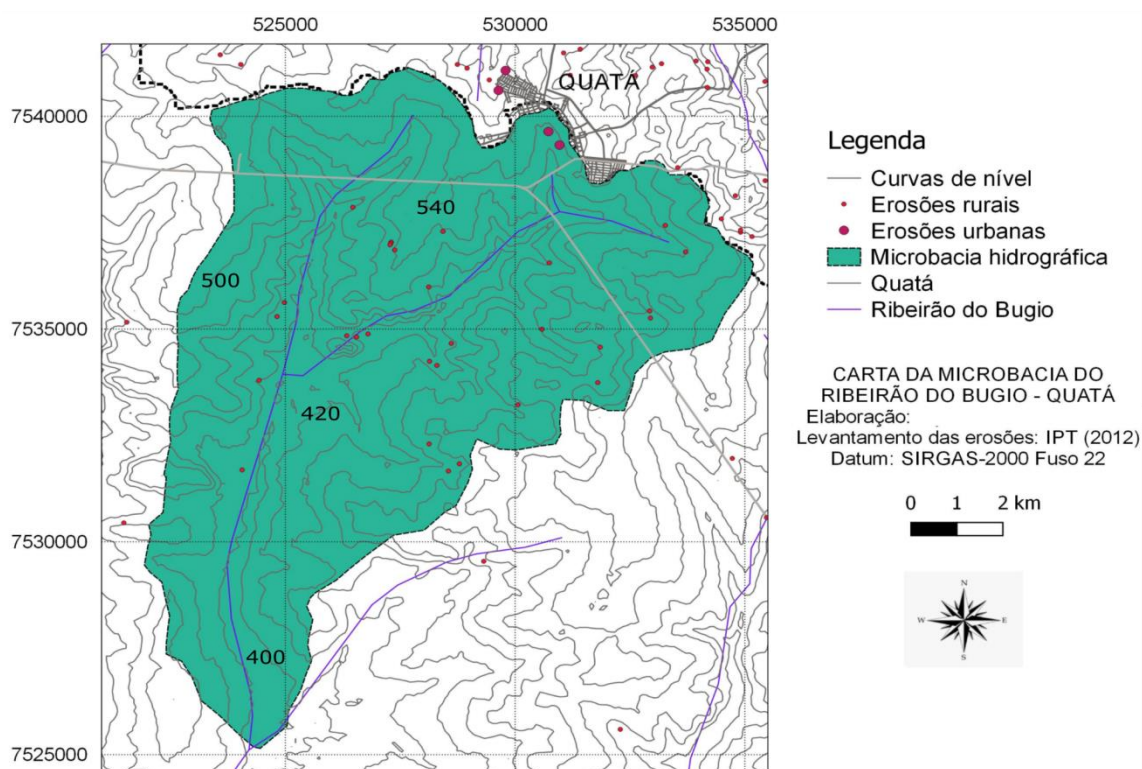
topográfica e geológica em relação à microbacia do Ribeirão do Bugio permitiu utilizar a média de $1,55 \text{ g/cm}^3$ como densidade do solo.

A partir da quantidade de erosões rurais conforme base em SIG, foi adotada a média de 500 m para cada erosão rural e profundidade média de 4 m, pois não foi possível o mapeamento detalhado das feições erosivas.

Figura 2 – Mapa da microbacia do Ribeirão da Rancharia-SP



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Figura 3 – Mapa da microbacia do Ribeirão do Bugio-SP

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta as estimativas de perdas de solo por erosão linear, incluindo duas boçorocas urbanas e 22 formas erosivas (boçorocas e ravinas de grande porte) na microbacia do Ribeirão da Rancharia.

Tabela 1 – Estimativa de perdas de solo na microbacia do Ribeirão da Rancharia por erosão linear

Erosão	Área (m ²)	Volume (m ³)	Densidade do solo (g/cm ³)	Perda de solo (Kg)	t/ano
Boçoroca do Córrego do Grito	13.800	62.230	1,55	96.456,5	7.000
Boçoroca da Água da Lavadeira	8.000	48.000	1,55	74.400	5.400
22 erosões rurais	11.000	44.000	1,55	68.200	4.950
Total	32.800	154.230	1,55	239.056,5	17.350

Elaborado pelo autor (2024)

As boçorocas urbanas são as maiores produtoras de sedimentos, diante da existência de outras 22 erosões rurais com uma taxa pouco menor do que a boçoroca do Córrego Água da Lavadeira. Além das partículas do solo, as boçorocas urbanas também transportam quantidades significativas de resíduos sólidos a jusante dos sistemas de drenagem urbana.

A boçoroca da Água de Santa Tereza em Rancharia não foi considerada na estimativa, pois não existe área degradada após a construção de lagoas de tratamento de esgoto.

A estimativa de perdas por erosão linear na microbacia do Ribeirão da Rancharia foi de 17.350 t/ano. Essa estimativa pode ser comparada à estimativa realizada por Oliveira (1994) referente a perda de solo por erosão laminar e linear na microbacia hidrográfica analisada, sendo de 420.000 t/ano numa área de 1.000 ha.

A tabela 2 apresenta a estimativa das perdas de solo na microbacia do Ribeirão do Bugio.

Tabela 2 - Estimativa de perdas de solo na microbacia do Ribeirão do Bugio por erosão linear

Erosão	Área (m ²)	Volume (m ³)	Densidade do solo (g.cm ³)	Perda de solo (Kg)	t/ano
Boçoroca do Ribeirão do Bugio	57.000	456.000	1,55	706.800	138.140
26 erosões rurais	13.000	52.000	1,55	80.600	6.200
Total	70.000	508.000	1,55	787.400	144.340

Elaborado pelo autor (2024)

No caso da microbacia do Ribeirão do Bugio, a boçoroca urbana é a fonte de 95% da produção de sedimentos das erosões lineares.

Em relação a ambas as microbacias hidrográficas, a boçoroca urbana de Quatá possui uma área 4,3 vezes maior do que a boçoroca do Córrego do Grito em Rancharia. A estimativa de produção de sedimentos na microbacia do Ribeirão do Bugio foi 8,5 vezes maior do que a estimativa da área em Rancharia.

No caso de Quatá, a existência de práticas conservacionistas da cultura canavieira impede o agravamento dos processos erosivos no espaço rural.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de sedimentos em boçorocas é um tema importante diante dos impactos gerados pelo assoreamento dos cursos d'água. As estimativas apresentadas nesse trabalho enfatizam a concentração dos sedimentos produzidos pelas boçorocas urbanas, mesmo em microbacias hidrográficas com grande número de erosões rurais.

A Cartografia e monitoramento com dados quantitativos das boçorocas contribuem na elaboração de projetos para controle da erosão e recuperação das áreas degradadas; visto que apenas a observação do fenômeno de desenvolvimento das boçorocas pode causar alarmismos e sensos críticos sem indicações para possíveis soluções.

O cadastramento de erosões de grande porte em banco de dados de sistemas de informação geográfica favorece a obtenção de áreas precisas das feições erosivas e contribui com estimativas mais detalhadas para o planejamento municipal.

As estimativas de perdas de solo em áreas degradadas pelas boçorocas urbanas representam as necessidades de implantação das obras de controle da erosão urbana e recuperação das áreas à jusante das boçorocas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. C. J.; ALMEIDA FILHO, G. S.; PAULON, N.; LIMA, C. O. Uso do solo e processos erosivos nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo: algumas considerações. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS, **Anais...**, Bento Gonçalves, 20., Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013.
- ARABAMERI, A.; PRADHAN, B.; REZAEI, K.; CONOSCENTI, C. Gully erosion susceptibility mapping using GIS based multi-criteria decision analysis techniques. **Catena**, n. 180, p. 282-297, 2019.
- CASALI-SARASIBAR, J.; GIMÉNEZ-DÍAZ, R.; CAMPO-BESCOS, M. A.; JAMES, M. R. Gully geometry: what are we measuring? **Soil**, n. 1, p. 509-513, 2015.
- FRANCISCO, A. B. **A erosão periurbana em Rancharia-SP: a análise espaço-temporal e as propostas de recuperação da boçoroca do Córrego do Grito**. Tese (Doutorado em Geografia), Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente, 2017, 201f.
- FERNANDES, L.; COIMBRA, M. Revisão estratigráfica da parte oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, n. 4, p. 717-728, 2000.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Cadastramento de pontos de erosão e inundação no Estado de São Paulo**. Relatório nº 131.057-205, Departamento de Águas e Energia Elétrica, 2012.
- LEPSCH, I. F. **Formação e conservação do solo**. São Paulo, Oficina de Textos, 2002.
- MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. G. The expansion of Brazilian agriculture: soil erosion scenarios. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 3, n. 1, p. 37-48, 2013.

- MONTGOMERY, D. R. Soil erosion and agricultural sustainability. **Proceedings of the National Academy of United States of America**, n.104, v. 33, p. 25-33, 2007.
- OLIVEIRA, A. M. S. **Depósitos tecnogênicos e assoreamento de reservatórios**: exemplo do Reservatório de Capivara, Rio Paranapanema, SP/PR. Tese (Doutorado em Geografia Física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, 1994, 211f.
- OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo**. Escala: 1: 500.000, Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1999.
- VANDEKERCKHOVE, L.; POESEN, J.; WIJDENES, D. O.; GYSSELS, G. Short-term bank gully retreat rates in Mediterranean environments. **Catena**, n. 44, p. 133-161, 2001.
- WILKINSON, B. H.; McERLOY, B. J. The impact of humans on continental erosion and sedimentation. **Geological Society of America Bulletin**, n. 119, p. 140-156, 2007.

;