



AValiação da produção de sedimentos por erosão hídrica em parcelas de erosão localizadas no município de Antonina/PR

Rodrigo Marcos de Souza ¹

Thayanne de Oliveira Schneider ²

José Guilherme de Oliveira ³

Inocência de Oliveira Borges Neto ⁴

Leonardo José Cordeiro Santos ⁵

RESUMO

Os processos erosivos, o transporte e a deposição de sedimentos representam desafios críticos para a gestão ambiental e a operação da navegação em áreas portuárias, pois esses processos podem ocasionar o assoreamento, por exemplo, de rios, lagos e canais de navegação. Esse fenômeno compromete a segurança da navegação, a eficiência portuária e o equilíbrio ecológico, exigindo intervenções como a dragagem, alternativa onerosa e com impactos ambientais negativos, especialmente quanto à destinação do material dragado. Estudos apontam que a intensificação da erosão hídrica está associada a fatores como declividade, uso inadequado do solo e ausência de práticas conservacionistas, e reforçam a necessidade de monitoramento contínuo para compreender sua dinâmica. Neste contexto, este estudo avaliou a perda de solos e a produção de sedimentos por erosão hídrica em parcelas de erosão no município de Antonina, estado do Paraná, em encostas localizadas nas bacias hidrográficas dos rios Cachoeira e Pequeno, no âmbito do Programa de Recuperação de Áreas de Preservação Permanente Degradadas para a APA de Guaraqueçaba – PRAD, vinculado à Licença de Instalação da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Paranaguá. Foram instaladas parcelas de erosão do solo em diferentes tipos de uso da terra: Floresta Secundária com 50 anos (SF), Sistema Agroflorestal (AS), Agricultura (AG) e Solo Exposto (BS). Próximo às parcelas, foram instalados pluviômetros para o monitoramento da precipitação. Os resultados indicam que há relação direta entre o uso da terra e a erosão, com menor produção de sedimentos em áreas de vegetação (SF) em comparação aos demais usos, especialmente o SE. Adicionalmente, destacam a relevância do monitoramento ambiental e do ordenamento territorial como estratégias essenciais para mitigar a erosão, reduzir custos com dragagem e minimizar impactos ambientais. O estudo reforça a necessidade de políticas que integrem conservação do solo e planejamento de uso sustentável, contribuindo para a segurança operacional de portos e a preservação de ecossistemas.

Palavras-chave: Parcelas de erosão, Erosão hídrica, Usos da terra.

¹ Rodrigo Marcos de Souza, Doutor pelo Curso de Geografia da Universidade Federal do Paraná - UFPR, rmarcos@ufpr.br;

² Thayanne de Oliveira Schneider, graduanda do Curso de Geografia da Universidade Federal do Paraná - UFPR, Thayanne.schneider04@gmail.com;

³ José Guilherme de Oliveira, Doutor pelo Curso de Geografia da Universidade Federal do Paraná - UFPR, joseguilhermegeo@gmail.com;

⁴ Inocência de Oliveira Borges Neto, Doutor pelo Curso de Geografia da Universidade Federal do Paraná - UFPR, iobngpb@gmail.com;

⁵ Professor orientador: Leonardo José Cordeiro Santos, geógrafo, Doutor em Geografia, Universidade Federal do Paraná - UFPR, santos.ufpr@gmail.com.



INTRODUÇÃO

A erosão hídrica é um processo de desagregação, transporte e deposição do solo causado pela ação da água da chuva. É um processo natural, mas que se intensifica devido a fatores antrópicos, como o desmatamento, as práticas agrícolas e uso inadequado do solo. Esses fatores degradam a cobertura vegetal e tornam o solo mais suscetível à perda de sedimentos. Como consequência, aumenta o volume de sedimentos carregados pelos rios até o estuário, causando o assoreamento, ou seja, o acúmulo de sedimentos em corpos hídricos. (Oliveira, 2015; Rutyna et al., 2021).

No contexto de áreas portuárias, o assoreamento compromete diretamente a segurança da navegação, exigindo a realização de dragagens para manter os canais acessíveis. No entanto, essa solução tem altos custos financeiros e impactos ambientais, principalmente na destinação e deposição do material dragado. No Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), esse cenário está relacionado à contribuição de sedimentos que vem das bacias hidrográficas adjacentes, como as dos rios Cachoeira e Pequeno, situadas no município de Antonina, PR.

Com o objetivo de mitigar o assoreamento a partir de soluções baseadas na natureza, foi estabelecido o Programa de Recuperação de Áreas de Preservação Permanente Degradadas para a APA de Guaraqueçaba – PRAD, no âmbito da Licença de Instalação da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Paranaguá. Diante disso, e considerando o compromisso estabelecido com os órgãos ambientais, a Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (Portos do Paraná) contratou uma empresa especializada para recuperar 40 hectares de áreas degradadas por meio da implantação de sistemas agroflorestais e conservação de outros 300 hectares por meio do Cadastro Ambiental Rural, nas bacias hidrográficas dos rios Cachoeira e Pequeno.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar a produção de sedimentos por erosão hídrica em parcelas de erosão localizadas no município de Antonina/Pr. Para a realização da pesquisa, foram instaladas parcelas experimentais em áreas representativas de Floresta Secundária com 50 anos de regeneração natural (SF), Sistema Agroflorestal (AS), Agricultura (AG) e Solo Exposto (BS). Próximo às parcelas, foram instalados três pluviômetros para o monitoramento da precipitação. As coletas dos sedimentos são realizadas após eventos de



chuvas e os materiais coletados são levados para o laboratório, onde passam por processos de secagem e pesagem.

Os resultados obtidos até o momento indicam que a parcela F50 produz a menor quantidade de sedimentos, atuando de forma significativa na contenção da erosão. Por outro lado, a parcela SE mostrou maior vulnerabilidade à erosão, produzindo a maior quantidade de sedimentos. Portanto, nota-se que práticas de uso e manejo do solo sustentável, podem ser alternativas para reduzir a necessidade de dragagens, contribuir para a segurança dos navios e preservar os ecossistemas costeiros. Adicionalmente, ressalta-se a importância do monitoramento contínuo da erosão.

METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida no município de Antonina/PR, em áreas que pertencem à Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaraqueçaba. Foram instaladas parcelas de erosão em três localidades: Chácara São Francisco (CSF), Comunidade Agroflorestral José Lutzenberger (CJL) e Reserva Natural Guaricica (RG). Na CSF, estão instaladas as parcelas AG e BS, na CJL está instalada a parcela AS e na RG está instalada a parcela SF (figura 1). A seleção das áreas considerou diferentes usos e/ou coberturas da terra, tipos de solo, variações de declividade e áreas inseridas no Programa de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD).

As parcelas de erosão foram construídas com base no modelo proposto por Guerra (2005) e Morgan (2005), com área padronizada de 10 m² (1m x 10 m). A delimitação das parcelas foi realizada com uso de chapas metálicas galvanizadas, sendo confeccionado um funil no exutório da parcela. A conexão entre escoamento superficial que é gerado dentro da parcela e a caixa coletora é realizada por meio de um tubo de pvc conectado ao funil. A estrutura permite a coleta do escoamento superficial e dos sedimentos.

Para o monitoramento da precipitação foram instalados três pluviômetros, modelo P300, em cada local de estudo, com resolução de 0,33 mm. A cada evento de chuva significativo, a equipe de pesquisadores vai a campo e realiza a coleta do material acumulado nas caixas coletoras. O material é homogeneizado e transferido para duas garrafas pet de 2 litros, totalizando 4 litros por coleta. Após as coletas, o material é levado para o laboratório, onde

passa por um processo de centrifugação, secagem em uma estufa (entre 80 a 90°C por 72 horas) e pesagem do sedimento já seco, quantificando a produção de sedimentos daquela coleta.

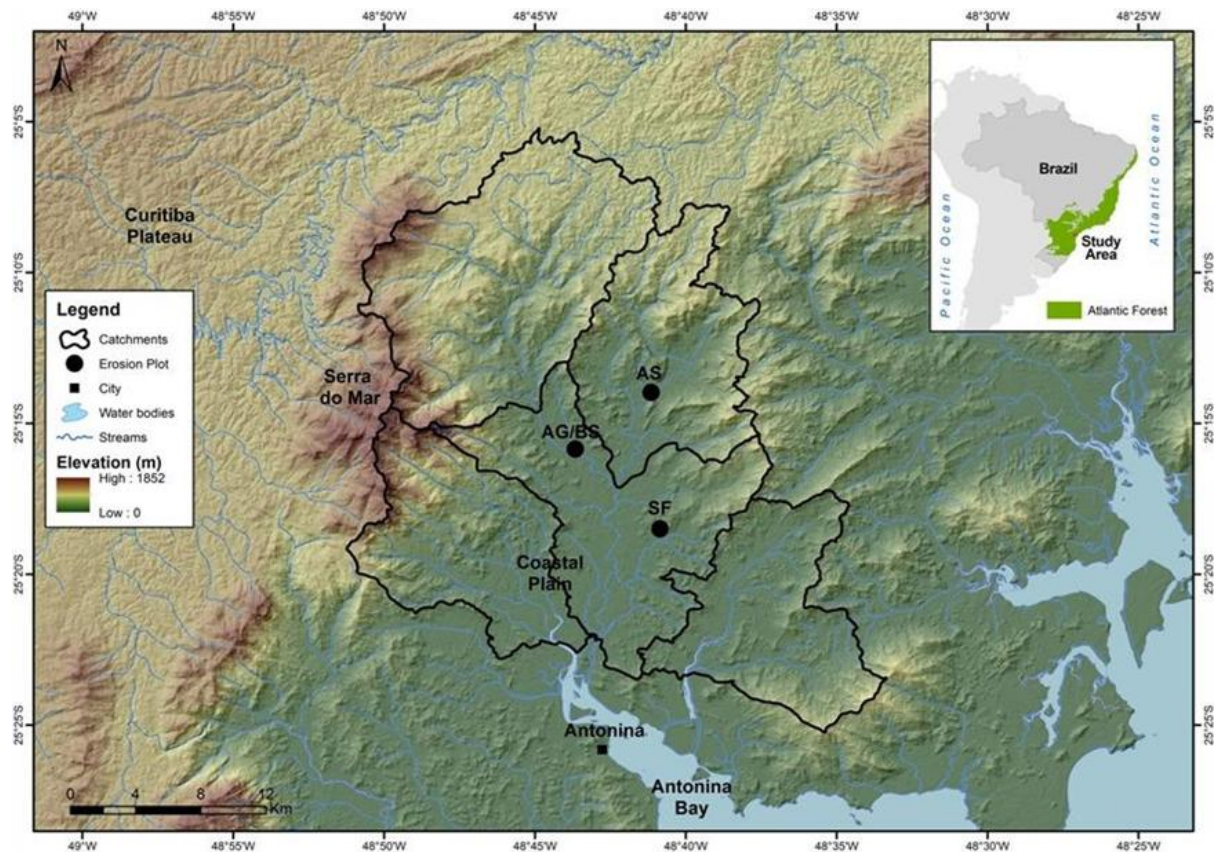


Figura 1 – Mapa da localização das parcelas de erosão

REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Guerra (2005), a erosão hídrica deve ser entendida como um processo causado por vários fatores, onde a intensidade depende das diferentes formas de relevo, do solo e, principalmente, das ações humanas. Fullen (2016) complementa destacando que a degradação dos solos pela erosão compromete não só a fertilidade, como também o equilíbrio ambiental de uma região.

Poesen (2017) argumenta que é preciso repensar sobre as abordagens tradicionais para estudar a erosão, levando em conta que os efeitos das ações humanas e do aumento do uso do solo se acumulam ao longo do tempo.



Em áreas costeiras e estuarinas, o acúmulo de sedimentos que vem do processo de erosão contribui para o assoreamento de rios e canais, impactando diretamente a navegabilidade, a biodiversidade aquática e o desenvolvimento portuário. O assoreamento causa a redução da profundidade dos canais de navegação e alteração dos fluxos naturais de sedimentos, demandando uso de intervenções, como a dragagem (Oliveira, 2015). Entretanto, essas intervenções têm elevado o custo e causam grandes impactos ambientais relacionados à destinação inadequada do material dragado (Calijuri, 2010).

O uso de parcelas de erosão é um dos métodos utilizados para quantificar e compreender os efeitos da erosão hídrica. Conforme Thomaz e Vestena (2011), as parcelas permitem calcular de forma direta o escoamento superficial e a produção de sedimentos, sendo essenciais para comparar diferentes usos e manejo do solo. Pesquisas baseadas em parcelas têm contribuído de forma significativa para validar modelos e a desenvolver práticas de conservação ajustadas à realidade de cada lugar (Anache et al, 2017).

Estudos realizados em ambientes com vegetação nativa, sistemas agroflorestais e áreas degradadas mostram grandes diferenças na produção de sedimentos. Segundo Pereira et al. (2015), áreas com vegetação densa promovem maior infiltração da água no solo, reduzindo a energia cinética da chuva e a mobilização de partículas. Rodrigues (2015) destaca que os sistemas agroflorestais podem funcionar como estratégias de transição entre áreas degradadas e a recuperação da função ecológica do solo. Em contrapartida, o solo exposto ou submetido à agricultura convencional apresenta maior suscetibilidade à erosão, como demonstrado por Lelis (2010) e Jardim et al. (2017)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante o período de monitoramento, 11/2002 a 04/2025, os volumes de precipitação acumulada variaram entre as áreas de estudo. A maior precipitação acumulada foi registrada na CJL, com aproximadamente 7142,6 mm, seguida pela RG, com 6149,5 mm, e pela CSF, com 6070,8 mm. Essas diferenças demonstram como os fatores topográficos e orográficos influenciam na distribuição das chuvas na região da Serra do Mar. A CJL está localizada em uma área mais elevada e próxima ao divisor de águas da Serra do Mar, o que contribui para a maior incidência de chuvas orográficas nessa localidade.

A figura 2 mostra o número de coletas e a produção acumulada de sedimentos por parcela. A variação no número de coletas por parcela deve-se a dificuldades operacionais no campo, como falhas nas caixas coletoras ou ausência de volumes de precipitação necessários para a geração de escoamento superficial e produção de sedimentos. Ainda assim, os dados obtidos permitem observar uma relação direta entre o tipo de uso do solo e a quantidade de sedimentos produzidos.

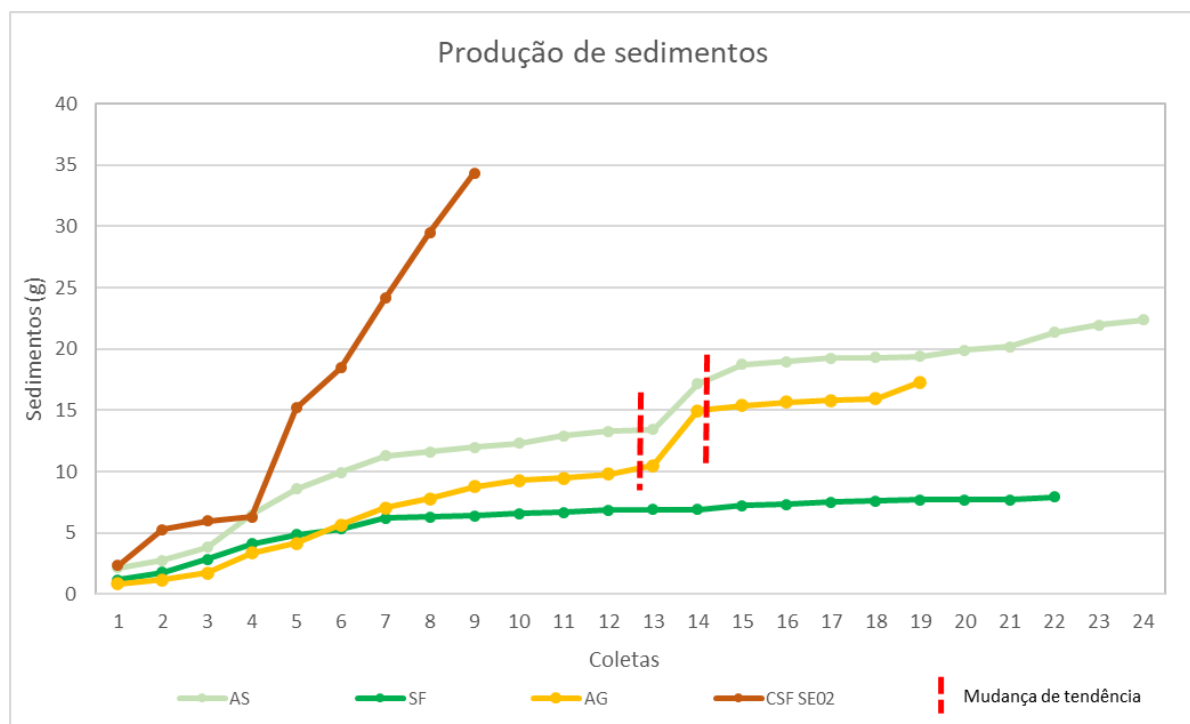


Figura 2 – Produção de sedimentos das parcelas de erosão

Nota-se que a parcela SF apresenta os menores valores de produção de sedimentos, evidenciando o papel da cobertura vegetal na contenção dos processos erosivos. Esse resultado está de acordo com que Bertoni & Lombardi Neto (2012) dissertaram, onde apontam que a vegetação é um fator essencial na dissipação da energia das gotas de chuva e no aumento da infiltração. Além disso, Pereira et al. (2015) destacam que áreas com vegetação densa promovem a proteção do solo contra o escoamento superficial, o que se confirma nas amostras da F50.

Por outro lado, a parcela de solo exposto (BS) foi a que mais gerou sedimentos, evidenciando sua maior suscetibilidade à erosão hídrica. Esse resultado comprova as observações de Lelis (2010) e Jardim et al. (2017), que explicam que áreas descobertas ou com agricultura convencional tendem a sofrer maiores perdas de solo.

As parcelas AS e AG apresentaram resultados intermediários. No entanto, cabe ressaltar que a parcela AG permaneceu boa parte do estudo com uso do solo em condições de pousio. A figura 2 mostra que ambas as parcelas apresentaram alterações de tendência nos períodos das coletas 13 e 14, correspondendo aos momentos de manejo no solo, como roçada ou revolvimento. Essas ações interferiram diretamente na cobertura vegetal e na estabilidade superficial do solo, provocando aumento temporário na produção de sedimentos.

Visualmente, as amostras coletadas também demonstram essas diferenças (figura 3). O material coletado da parcela BS apresenta elevada turbidez e coloração escura, resultado da alta concentração de sedimentos em suspensão. No material coletado da parcela SF, nota-se que a turbidez é menor, confirmando os dados quantitativos e reforçando a efetividade da cobertura vegetal.



Figura 3 – Exemplo de material coletado das parcelas de erosão

Esses resultados confirmam a importância da vegetação na redução da erosão hídrica, como defendem Thomaz e Vestena (2011) ao destacarem que os efeitos da cobertura do solo podem ser facilmente observados nas parcelas experimentais. Portanto, além de servirem como ferramenta de pesquisa, as parcelas também ajudam a ensinar na prática e a testar modelos que mostram como a erosão acontece, além de planejar melhores formas de cuidado com o solo. (Anache et al., 2017).



CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo contribuiu para o avanço no entendimento de como a perda de solo por erosão hídrica varia conforme o tipo de uso e cobertura da terra. Por meio das parcelas experimentais e das análises dos resultados, foi possível observar como diferentes manejos influenciam na quantidade de sedimentos que são gerados e transportados após eventos pluviométricos.

Os dados gerados são importantes para pensar soluções voltadas à proteção do solo, especialmente em áreas com maiores fragilidades ambientais, como as que drenam para regiões costeiras e portuárias. A manutenção de um monitoramento semelhante ao deste estudo permite acompanhar as mudanças ao longo do tempo e serve como subsídios para decisões que busquem reduzir os impactos causados pelo acúmulo de sedimentos nos corpos d'água.

Além disso, a continuação da pesquisa prevê o uso de modelagem hidrossedimentológica, que poderá simular diferentes cenários de uso do solo e seus efeitos na produção de sedimentos. O modelo WEPP (Water Erosion Prediction Project) será aplicado para analisar a erosão em escala de encosta, com base nos dados já obtidos nas parcelas. Ainda, está previsto o uso do USLE (Universal Soil Loss Equation) para estimativas em escala de bacia, o que deve aumentar a compreensão da dinâmica erosiva em uma área maior.

Espera-se que os resultados obtidos contribuam para a ampliação do conhecimento científico e subsidiem ações de planejamento territorial e conservação do solo em áreas ambientalmente vulneráveis, promovendo práticas sustentáveis de uso e manejo da terra.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Portos do Paraná pelo financiamento da pesquisa e à Comunidade Agroflorestal José Lutzenberger, Chácara São Francisco e Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental (SPVS) pela parceria no desenvolvimento do trabalho.





REFERÊNCIAS

- ANACHE, J. A. A. et al. Runoff and soil erosion plot-scale studies under natural rainfall: a meta-analysis of the Brazilian experience. *Journal of Hydrology*, v. 556, p. 101–115, 2017.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. 8. ed. São Paulo: Ícone, 2012.
- CALIJURI, M. L. Modelagem hidrossedimentológica de bacia hidrográfica com parcelas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 15, n. 2, p. 115–126, 2010.
- FULLEN, M. A. Processos hidro-erosivos em solos degradados em relevo de baixa declividade. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 9, n. 2, p. 285–295, 2016.
- GUERRA, A. J. T. Experimentos e monitoramentos em erosão dos solos. *Revista Geografia*, v. 14, n. 1, p. 23–36, 2005.
- JARDIM, H. L.; FERNANDES, N. F.; SOUZA, A. P. de. Perda de solo em parcelas de erosão sob diferentes culturas e técnicas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 41, p. e0160233, 2017.
- LELIS, T. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica em floresta equiânea em um Latossolo Vermelho-Amarelo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, n. 3, p. 258–265, 2010.
- MORGAN, R. P. C. A simple approach to soil loss prediction: a revised Morgan–Morgan–Finney model. *Catena*, v. 44, p. 305–322, 2001.
- OLIVEIRA, R. J. de. *A atividade de dragagem e seus impactos ambientais: estudo de caso do Complexo Estuarino de Paranaguá*. 2015. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015.
- POESEN, J. Soil erosion in the Anthropocene: research needs. *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 43, n. 1, p. 64–84, 2017.



PEREIRA, L. dos S.; RODRIGUES, A. M.; JORGE, M. C. O. Conservação do solo: influência da cobertura vegetal na infiltração e perda de água e sedimentos. *Revista Verde*, v. 10, n. 4, p. 12–21, 2015.

RODRIGUES, S. C. Relação entre cobertura vegetal e erosão em parcelas representativas de Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39, n. 4, p. 1212–1221, 2015.

RUTYNA, M. G. et al. Avaliação de impactos ambientais decorrentes da dragagem em áreas costeiras: uma abordagem integradora. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 14, n. 4, p. 1684–1701, 2021.

THOMAZ, E. L.; VESTENA, L. Measurement of runoff and soil loss from two differently sized plots in a subtropical environment (Brazil). *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 36, n. 8, p. 951–961, 2011.

