



USO SUSTENTÁVEL DO SOLO: MONITORAMENTO DE PROCESSOS EROSIVOS COM USO DE DRONE NO MUNICÍPIO DE CIANORTE, PR

Maria Fernanda Aida Jacos de Souza¹, Giuliano Torrieri Nigro²

¹Acadêmica do Curso de Agronomia, Campus Maringá-PR, Universidade Cesumar - UNICESUMAR. aidamafer894@gmail.com

²Orientador, Doutor, Professor do Programa de Pós-graduação em Tecnologias Limpas - PPGTL, Pesquisador do Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação – ICETI, Universidade Cesumar – Unicesumar. giuliano.nigro@vitru.com.br

RESUMO

Este estudo tem como objetivo avaliar a eficácia do terraceamento na contenção da erosão hídrica em solos arenosos, por meio do monitoramento sistemático de sulcos erosivos em duas megaparcelsas localizadas no município de Cianorte-PR. Para isso, serão realizados voos com drone após eventos de chuva intensos, gerando imagens de alta resolução que permitirão o mapeamento e a análise temporal dos sulcos formados. As imagens serão processadas no *software* OpenDroneMap, gerando ortomosaicos, modelos digitais de elevação e de terreno, com precisão suficiente para quantificar a perda de solo. Os dados serão correlacionados com variáveis ambientais, como intensidade das chuvas, declividade e cobertura vegetal, e validados com medições diretas em campo. A comparação entre as áreas com e sem terraceamento possibilitará compreender a dinâmica erosiva local e propor melhorias no manejo conservacionista. Espera-se produzir mapas temáticos, modelos preditivos e relatórios técnicos que subsidiem a tomada de decisão por parte de agricultores e gestores, contribuindo para práticas agrícolas mais sustentáveis e resilientes.

PALAVRAS-CHAVE: Objetivos do Desenvolvimento Sustentável; Sensoriamento Remoto; Terraceamento.

1 INTRODUÇÃO

O uso do solo é um fator determinante na dinâmica ambiental, especialmente em áreas com forte intervenção humana, como em áreas onde há produção agrícola intensiva. A substituição da vegetação natural por atividades agrícolas e urbanas intensifica a erosão do solo, agravada pelo uso de máquinas e insumos químicos. A erosão, embora natural, é amplificada pela remoção da cobertura vegetal, que compromete a proteção contra o impacto das chuvas e facilita o transporte de sedimentos (Bertoni; Lombardi Neto, 2017).

Em áreas agrícolas, o uso de maquinário pode resultar na compactação do solo reduzindo os poros, dificultando a infiltração de água e o crescimento radicular. Soma-se a isso, o preparo convencional em solos arenosos, que muitas vezes envolve a aração e gradagem intensivas, técnicas que podem auxiliar na formação de camadas compactadas subsuperficiais, aumentando a resistência do solo à penetração, o que limita o acesso das plantas à água e nutrientes, prejudicando o desenvolvimento e a produtividade das culturas (Hamza *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2024). Nesse sentido, o terraceamento é uma técnica eficaz de conservação do solo, especialmente em terrenos arenosos, pois reduz o escoamento superficial e favorece a infiltração da água (Fidalski, 1998; Lima *et al.*, 2010).

A escolha de Cianorte como área de estudo não é aleatória. A região, representativa do noroeste paranaense, combina solos arenosos, agricultura intensiva e histórico de erosão, oferecendo um laboratório natural para testar a eficácia do terraceamento. Ao comparar as duas megaparcelsas, esta pesquisa busca, não apenas validar a técnica conservacionista, mas também aprimorá-la, integrando dados geoespaciais de alta resolução a análises edafoclimáticas.

Dessa forma, será utilizado Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), popularmente conhecidos como drone, para complementar métodos tradicionais de monitoramento da erosão, permitindo a identificação precisa de sulcos erosivos (Coelho; Cavichioli, 2021). Drones oferecem vantagens sobre imagens orbitais, pela alta resolução espacial e temporal, flexibilidade operacional e capacidade de coleta de dados, mesmo sob cobertura



de nuvens. Essas características tornam os VANTs ferramentas valiosas para o manejo sustentável dos recursos naturais e o monitoramento ambiental em áreas agrícolas.

Uma das principais vantagens de sua utilização é a resolução espacial submétrica, que pode chegar a menos de 3 cm por pixel, conforme demonstrado em estudos de mapeamento de sulcos erosivos no Cerrado brasileiro (Oliveira *et al.*, 2007; Oliveira *et al.*, 2022). Em contraste, mesmo satélites de alta resolução, como o Sentinel-2, possuem limitações em capturar detalhes finos, essenciais para identificar microtopografias ou danos pontuais. Essa diferença é crítica em projetos que demandam diagnóstico preciso, como a quantificação de perdas de solo em lavouras. Além disso, a aquisição de imagens orbitais de altíssima resolução envolve altos custos.

Outro grande diferencial é a flexibilidade operacional frente à resolução temporal dos satélites. Enquanto estes últimos demoram dias ou até semanas para revisitarem um mesmo ponto da superfície terrestre, os drones, a depender das condições climáticas, podem voar em qualquer data. Isso permite capturar dados imediatamente após eventos críticos, como chuvas intensas, garantindo análises temporais mais precisas. Além disso, operam abaixo das nuvens, contornando um obstáculo frequente em regiões tropicais úmidas, onde a cobertura nebulosa inviabiliza imagens de satélite por longos períodos (Moraes *et al.*, 2024).

A justificativa da pesquisa está fundamentada em sua relevância socioambiental, uma vez que possui o potencial de fornecer subsídios para otimizar práticas conservacionistas, reduzir custos com recuperação de solos e contribuir para a sustentabilidade agrícola. Os resultados poderão ser replicados em outras regiões com características semelhantes, apoiando políticas públicas e privadas alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, em especial o ODS 15 (proteção da vida terrestre).

Além disso, o estudo responde à urgência em combater a erosão intensificada por atividades humanas e à carência de métodos precisos de monitoramento adaptados a escalas locais. Destaca-se, ainda, o potencial inovador dos drones em transformar a gestão conservacionista do solo, ao integrar tecnologia de ponta, conhecimento agrônomo e demandas práticas, de modo a gerar conhecimento aplicado e promover uma agricultura mais resiliente e sustentável.

Dessa forma, este estudo tem como objetivo avaliar a dinâmica e a evolução de sulcos erosivos em duas megaparcels localizadas em Cianorte-PR, uma com terraceamento e outra sem, por meio do monitoramento sistemático com imagens aéreas de alta resolução, visando comparar a eficácia do terraceamento na mitigação da erosão hídrica e propor melhorias no manejo conservacionista.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A bacia hidrográfica onde se localizam as duas megaparcels deste estudo encontra-se entre as coordenadas 23°37'43" sul e 52°39'54" oeste. Está inserida na área da sub-bacia hidrográfica do Rio dos Índios, que tem aproximadamente 5,8 km de perímetro e 192 há. O Rio dos Índios é afluente do Rio Ivaí e tem 1.236 m de extensão. A área apresenta cerca de 6% de declividade, gradiente topográfico de 48 m (496 a 448 m acima do nível do mar), vale em "V" aberto e predomínio de Latossolo Vermelho Distrófico, textura média. (Pellegrini; Barbosa, 2023).

A metodologia será fundamentada em uma abordagem integrada, combinando técnicas de geotecnologia e monitoramento ambiental, com o intuito de avaliar a dinâmica erosiva em duas megaparcels de Cianorte-PR. As duas megaparcels já foram pré-



selecionadas e fazem parte do projeto Rede Agro, que vem estudando e monitorando os solos agrícolas em diversas regiões do Paraná.

A área selecionada (Figura 1) envolve uma megaparcela que possui sistema de terraceamento consolidado e outra que não possui intervenções conservacionistas, porém, ambas possuem histórico de ocorrência de sulcos erosivos. A escolha dessas áreas visa estabelecer um comparativo robusto sobre a eficácia do terraceamento na contenção da erosão hídrica, considerando as condições edafoclimáticas locais.



Figura 1: Localização das megaparcelas em Presidente Castelo Branco, PR.

Fonte: elaboração dos autores, 2025.

Os voos com drone serão realizados após eventos pluviométricos significativos, definidos como precipitações superiores a 30 mm em 24 horas, critério adotado com base em estudos regionais que associam esse limiar ao desencadeamento de processos erosivos acelerados (Valverde; Marengo, 2014). Para garantir a precisão dos dados, será utilizado drone da marca DJI e modelo AIR2S, equipados com sensores RGB, operando em altitude de 80 metros, com sobreposição lateral e frontal de 80%, assegurando GSD (Distância de Amostragem do Sol) adequada (≤ 3 cm/pixel) para detectar sulcos erosivos.

As imagens coletadas serão processadas no *software* gratuito OpenDroneMap para gerar ortomosaicos georreferenciados, Modelo Digitais de Elevação (MDE) e Modelo Digital de Terreno (MDT), sendo este um mapa que representa a superfície do terreno, em formato digital. O MDT permite quantificar volumetricamente a perda de solo em ambas as parcelas, método validado em estudos recentes (Oliveira *et al.*, 2022). Paralelamente, a correlação entre a evolução dos sulcos erosivos e variáveis ambientais será realizada por meio de análise multivariada. Dados pluviométricos, obtidos de estações meteorológicas locais ou sensores instalados *in situ*, serão integrados à análise da vegetação e à declividade do terreno para identificar padrões causais, utilizando-se regressões lineares e análises de cluster.

Para validar os dados obtidos remotamente, serão realizadas medições diretas em campo, utilizando trenas e perfis transversais dos sulcos erosivos, metodologia recomendada pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS, 2019). Essas medições, feitas em pontos estratégicos georreferenciados, servirão para calibrar os modelos volumétricos gerados pelo VANT, reduzindo incertezas metodológicas.



Ao final do ciclo de monitoramento, os resultados serão sintetizados em um relatório técnico-científico, que incluirá: (1) mapas temáticos de erosão e vulnerabilidade do solo; (2) tabelas comparativas das perdas de solo entre as parcelas; e (3) recomendações técnicas para otimização do terraceamento, como ajustes na distância entre curvas de nível ou integração com práticas de cobertura vegetal. As diretrizes propostas serão embasadas em modelos preditivos, desenvolvidos a partir dos dados coletados, que simularão cenários de mitigação sob diferentes condições climáticas.

A divulgação dos resultados priorizará canais de impacto local e científico e apresentações em eventos de expressão, garantindo a transferência do conhecimento para agricultores e gestores públicos.

3 RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se que a pesquisa evidencie o papel do terraceamento na redução da erosão hídrica em solos arenosos, demonstrando menor formação e aprofundamento de sulcos erosivos em áreas manejadas com essa técnica, em comparação às áreas sem intervenções conservacionistas. Também se espera obter estimativas confiáveis da perda de solo, a partir da análise temporal de imagens aéreas de alta resolução, gerando modelos digitais e mapas temáticos capazes de representar a evolução dos processos erosivos ao longo de diferentes eventos pluviométricos.

Outro resultado esperado é a validação da eficácia do uso de drones como ferramenta de monitoramento ambiental, garantindo alta precisão na identificação e no acompanhamento da dinâmica erosiva quando comparados aos métodos tradicionais. A integração dos dados obtidos permitirá identificar padrões relacionados à cobertura vegetal, à declividade e à intensidade das chuvas, fornecendo subsídios técnicos para a melhoria do manejo conservacionista.

Por fim, espera-se que os produtos finais da pesquisa, sendo eles: relatórios técnicos; mapas de vulnerabilidade; e publicações científicas, possam orientar produtores rurais e gestores públicos na adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis, além de contribuir para o fortalecimento de políticas alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, especialmente o ODS 15.

REFERÊNCIAS

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 10 ed. São Paulo: Ícone, 2017, 392p.

COELHO, W. R.; CAVICHIOLI, F. A.. A aplicação de drones na agroindústria de precisão. **Revista Interface Tecnológica**, v.18, n.1, 202. DOI: <https://doi.org/10.31510/infa.v18i1.1108>

FIDALSKI, J. Sistema de terraceamento agrícola proposto para a região noroeste do Paraná. **Acta Scientiarum**, v.20, p. 313-316, 1998.

HAMZA, M.; BRASSEUR, B.; SPICHER, F.; GALLET-MORON E.; BURIDANT, J.; KOBALSI, A.; HOREN, H. (2019). Physical recovery of forest soil after compaction by heavy machines, revealed by penetration resistance over multiple decades. **Forest Ecology and Management**, v. 449, p. 1-10, 2019.



LIMA, J. M.; OLIVEIRA, G. C.; MELO, C. **Conservação do solo e da água notas de aulas práticas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2010. 62p. (Disciplina GCS 104). Disponível em: http://www.dcs.ufla.br/site/_adm/upload/file/slides/matdispo/geraldo_cesar/NOTAS%20DE%20AULAS%20-%20PR%C3%81TICA.pdf. Acessado em: 12 de abr. 2025.

OLIVEIRA, A. M. M., PINTO, S. A. F. LOMBARDI NETO, F. Caracterização de indicadores da erosão do solo em bacias hidrográficas com o suporte de geotecnologias e modelo predictivo. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v. 5(1), p. 63-86, 2007.

OLIVEIRA, R. P. et al. Mapeamento de erosão com drones no Cerrado: vantagens e aplicações. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 23, n. 4, p. 891-905, 2022.

PELLEGRINI, A.; BARBOSA, G. M. C. **Manejo e conservação de solo e água: volume 1 - formação, implantação e metodologias**. Rede Paranaense de Agropesquisa e Formação Aplicada, Curitiba: SENAR AR/PR, 2023.

SILVA, R. C.; MCBEATH, T. M.; ANTILLE, D. L.; THOMAS, M.; MACDONALD, L. M. Reversible strengthening behaviour of subsurface layers in sandy soils – understanding variable response to strategic deep tillage. **Soil and Tillage Research**, v. 237, 105981, 2024.

MORAES, L. R et al. Benefícios, desafios e legislações para utilização de drones na produção agrícola: uma revisão da literatura. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v.03, 2024.

VALVERDE, M. C.; MARENGO, J. A. Extreme Rainfall Indices in the Hydrographic Basins of Brazil. **Open Journal of Modern Hydrology**, 2014, 4, 10-26. DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/ojmh.2014.41002>