

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Soja
Ministério da Agricultura e Pecuária

ISSN 3085-9514

**Eventos Técnicos
& Científicos**

5

Julho, 2025

Resumos expandidos
20ª Jornada Acadêmica
da Embrapa Soja

30 de junho e 1º de julho de 2025
Londrina, PR

Embrapa Soja
Londrina, PR
2025

Embrapa Soja

Rod. Carlos João Strass, s/n
Acesso Orlando Amaral, Caixa postal
4006, CEP 86085-981, Distrito de
Warta, Londrina, PR
(43) 3371 6000
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações**Presidente**

Roberta Aparecida Carnevalli

Secretária-executiva

*Regina Maria Villas Bôas
de Campos Leite*

Membros

*Clara Beatriz Hoffmann-Campo,
Claudine Dinali Santos Seixas, Claudio
Guilherme Portela de Carvalho,
Fernando Augusto Henning, Leandro
Eugênio Cardamone Diniz, Liliane
Márcia Mertz-Henning, Maria Cristina
Neves de Oliveira e Norman Neumaier*

Organização da publicação

*Regina Maria Villas Bôas
de Campos Leite
Liliane Márcia Mertz-Henning
Kelly Catharin*

Normalização

Valéria de Fátima Cardoso

Capa

Vanessa Fuzinatto Dall'Agnol

Diagramação

*Vanessa Fuzinatto Dall'Agnol e
Marisa Yuri Horikawa*

Publicação digital: PDF**Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Soja

Jornada Acadêmica da Embrapa Soja (20. : 2025: Londrina, PR).

Resumos expandidos [da] XX Jornada Acadêmica da Embrapa Soja, Londrina, PR,
30 de junho e 1 de julho de 2025 – Londrina : Embrapa Soja, 2025.

PDF (153 p.) - (Eventos técnicos & científicos / Embrapa Soja, ISSN 3085-9514; 5)

1. Soja. 2. Pesquisa agrícola. I. Título. II. Série.

CDD (21. ed.) 630.2515

Ferramentas digitais aplicadas à avaliação de sistemas de terraceamento em bacia hidrográfica

Ana Julia Brambilla⁽¹⁾, João Victor de Oliveira Santana⁽²⁾, Pedro Henrique Jonge⁽¹⁾, Esmael Lopes dos Santos⁽³⁾, Alvadi Antonio Balbinot Junior⁽⁴⁾, Henrique Debiasi⁽⁵⁾, Julio Cezar Franchini⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Centro Universitário Filadélfia (UNIFIL), bolsista FAPED/Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽²⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽³⁾ Professor, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel, PR. ⁽⁴⁾ Pesquisador, Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. ⁽⁵⁾ Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

O aumento na frequência e na intensidade de eventos climáticos extremos, especialmente chuvas intensas, tem provocado significativos prejuízos econômicos e ambientais nas áreas de produção agrícola, em razão da intensificação da erosão hídrica. Estudos recentes indicam que o aquecimento global tem contribuído diretamente para a amplificação desses processos erosivos em diversas regiões do Brasil (Netto et al., 2018; Brasil, 2024).

Nesse cenário, a integração de ferramentas digitais com Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e Modelos Digitais de Elevação (MDE) surge como uma alternativa promissora para modernizar o planejamento e o dimensionamento de sistemas de terraceamento em áreas agrícolas. Essas tecnologias permitem a análise conjunta de dados topográficos, hidrológicos e edáficos, viabilizando diagnósticos mais precisos e soluções conservacionistas adaptadas às particularidades de cada área.

Nas últimas décadas, o avanço das tecnologias digitais tem impulsionado inovações relevantes na gestão conservacionista do solo, sobretudo em regiões sujeitas à erosão. A intensificação do uso do solo, o aumento do tráfego de máquinas agrícolas e a recorrência de eventos extremos de precipitação têm comprometido a eficácia de práticas isoladas, como o Sistema de Plantio Direto (SPD), demandando estratégias integradas. Nesse contexto, destacam-se os MDEs, os SIGs e os softwares de simulação como ferramentas essenciais para a avaliação e o redimensionamento de estruturas físicas de conservação, como os terraços.

Diante disso, este trabalho propõe uma abordagem baseada em ferramentas digitais para a avaliação da altura e da capacidade de armazenamento dos sistemas de terraceamento em talhões agrícolas localizados em uma bacia hidrográfica no município de Toledo, PR.

Material e Métodos

O estudo foi realizado em uma bacia hidrográfica de Toledo, PR, com área total de 2.564 hectares, dividida em 27 talhões, como parte das atividades do programa AISA (Ação Integrada de Solo e Água) financiado pela Itaipu Binacional. O levantamento foi realizado em 03/10/2024 com um drone do tipo multirrotor (modelo Mavic 3 Enterprise), equipado com câmera RGB, voando a 250 metros de altura e gerando imagens com resolução final de 7 cm/pixel. Foi utilizada uma sobreposição longitudinal de 80% e lateral de 60%. Para a correção de posicionamento das imagens foi utilizado um procedimento RTK usando um sistema GNSS (Emlid RS3) com correção de posicionamento via protocolo NTRIP usando uma base da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS do IBGE. Para enviar as correções via internet foi utilizada a base da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), localizada em Cascavel, a 20 km do local de trabalho. Foram obtidas 6.929 imagens da área da bacia.

As imagens foram processadas no software Agisoft Metashape, gerando o ortomosaico e o modelo digital de elevação (MDE) (Figura 1). O MDE foi suavizado usando ferramentas de processamento do sistema de informações geográficas QGIS (QGIS, 2024) e do software de geoestatística Vesper (Minasny et al., 2005). A suavização teve por objetivo remover feições antropogênicas como os terraços e permitir sua representação de forma individualizada.

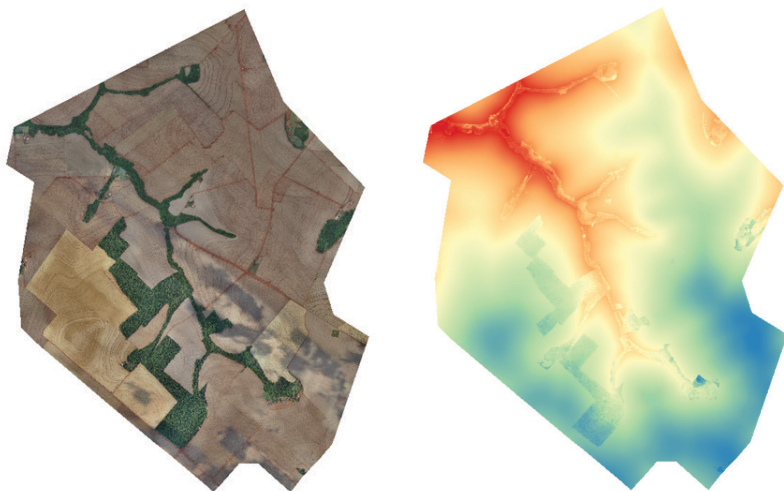


Figura 1. Ortomosaico e modelo digital de elevação da bacia hidrográfica de Toledo.

A avaliação dos terraços foi feita a partir da comparação entre os MDE original e suavizado. As cotas do canal e da crista dos terraços foram extraídas ao longo de quatro transectos por talhão utilizando-se o plugin Terrain Profile no QGIS. A altura (H) dos terraços foi calculada pela diferença entre essas cotas, sendo o comprimento da base do terraço determinado por meio da relação $H/St + H/Sm$, onde St representa a declividade do terreno e Sm a declividade do talude. O comprimento do terraço foi determinado por meio de um procedimento parcialmente automatizado. Primeiro, usando o MDE suavizado, foram geradas linhas de contorno com distância de elevação vertical de um metro. A seguir, foram selecionadas manualmente as linhas mais próximas do terraço original por inspeção dos rasters representados pela diferença entre o MDE original e MDE suavizado e do ortomosaico. As linhas selecionadas, representando os terraços, tiveram então seu comprimento determinado por procedimento automatizado. A seção foi estimada como $1/2 \times H \times \text{base}$ e o volume total foi obtido pela multiplicação da seção pelo comprimento do terraço. A capacidade de armazenamento de água foi padronizada para mm, dividindo-se o volume total pelo número de hectares do talhão ($m^3/m^2 \times 1000$).

Para o cálculo do valor de referência das dimensões mínimas de terraços para a bacia de Toledo foi utilizado o software Terraço 4.1. O software leva em consideração os seguintes parâmetros: intensidade de precipitação; tipo de terraço; forma de construção do canal; altura do terraço; taxa de infiltração; modelo digital de elevação e modelo digital de declividade. As dimensões dos terraços de base larga foram definidas com base numa chuva com período de retorno de apenas 1 ano, o que para as condições de Toledo representa uma chuva de aproximadamente 25 mm/h. A taxa de infiltração estável (TIE) foi considerada como 50 mm/h, representando a mediana de 105 pontos avaliados, distribuídos aleatoriamente pela bacia (Figura 2). A taxa de infiltração foi determinada por meio do infiltrômetro de Cornell, seguindo os procedimentos descritos por Seratto et al. (2019). Nestas condições, a lâmina de escoamento superficial (LES), segundo os parâmetros do software, foi de 12 mm. Para o dimensionamento dos terraços foi utilizado o espaçamento arbitrado de 3 m de espaçamento vertical. A altura de referência dos terraços para essa configuração foi de 0,33 m. Para os cálculos, a declividade média da bacia foi de 6% e a declividade da parede do talude do terraço de base larga foi de 20%.

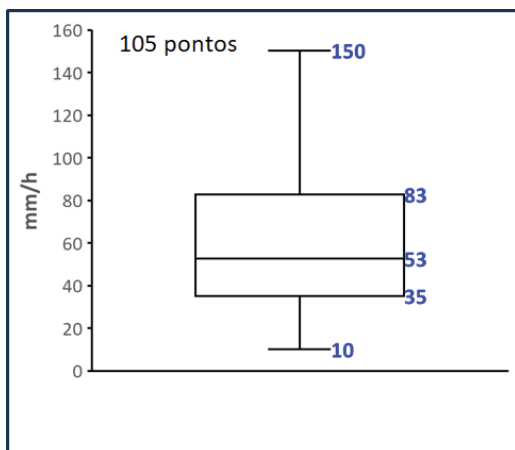


Figura 2. Box plot da taxa de infiltração estável na bacia hidrográfica de Toledo.

Resultados e Discussão

A utilização de MDEs original e suavizado permitiu identificar e mensurar individualmente cada terraço, proporcionando maior precisão na análise (Figura 3). Além disso, a metodologia de cálculo da base e

da seção transversal associada ao uso de ferramentas SIG mostrou-se eficaz na estimativa do volume e na padronização dos resultados por área.

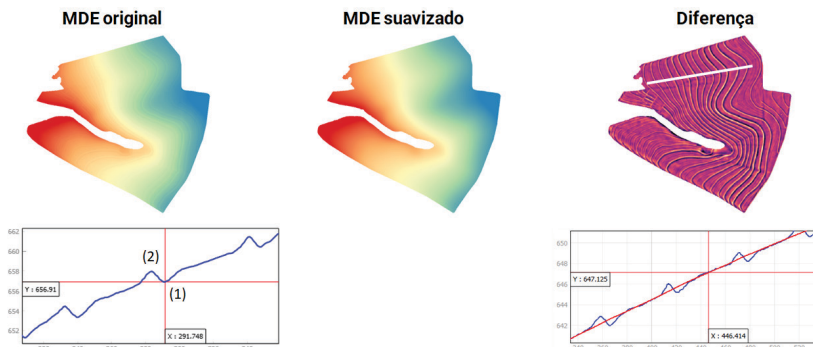


Figura 3. Plugin Terrain profile para mensurar as cotas do canal (1) e da crista (2) dos terraços ao longo de um transecto nos modelos digitais de elevação original e suavizado, de um talhão da bacia hidrográfica de Toledo.

A Figura 4 mostra a distribuição da altura dos terraços, destacando que a linha vermelha indica a referência mínima segundo os valores de referência definidos no software Terraço 4.1. A análise da altura dos terraços dos 27 talhões revelou que o valor médio deste parâmetro variou entre 0.16 e 0.56 m, sendo a mediana de 0.27m. De acordo com o valor de referência definido para uma precipitação média de 25 mm, com período de retorno de um ano, a altura mínima indicada seria de 0.33m. Desta forma, em 70% dos talhões o valor da altura média dos terraços foi menor do que o valor de referência. Em apenas 8 talhões o valor médio da altura foi igual ou superior ao valor de referência. Considerando que a intensidade da chuva utilizada para determinar o valor de referência é de ocorrência comum, os resultados são bastante preocupantes, pois indicam que existe um grande potencial para que precipitação maiores do que a de referência gerem perda de água por escoamento superficial na bacia, dando início a processos de transporte de sedimentos. Normalmente, para o dimensionamento de terraços são considerados períodos de retorno maiores para a chuva de projeto, sendo comum o valor de 10 anos. Para esse período de retorno a chuva de projeto seria de 39 mm e altura de 0.42 cm.

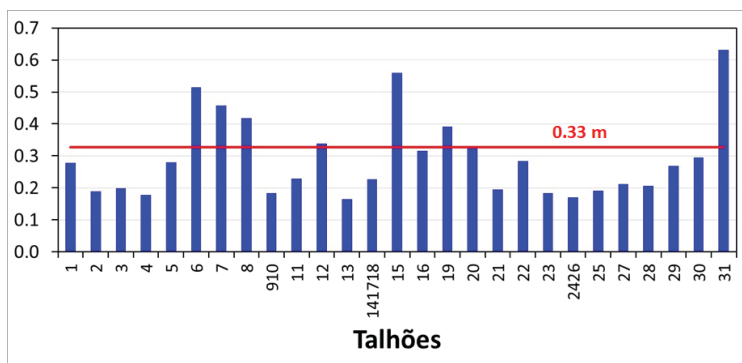


Figura 4. Altura média (m) dos terraços em talhões da bacia hidrográfica de Toledo.

A Figura 5 apresenta a distribuição da capacidade armazenamento de água dos terraços. A linha vermelha representa o valor de referência definido para a lâmina de escoamento superficial (LES) considerando uma chuva de 25 mm. Para o valor atribuído a taxa de infiltração estável (TIE) de 50 mm/h, o modelo utilizado pelo Terraço 4.1 estima que a LES seria de 12 mm. De forma semelhante ao observado para a altura, a capacidade de armazenamento média calculada para os terraços ficou abaixo da referência (12 mm) em 78% dos talhões, como demonstrado na Figura 2. Esse déficit na capacidade de armazenamento pode estar associado a dois fatores principais. A falta de manutenção dos terraços, que com o tempo vão tendo o seu canal assoreado pela deposição de sedimentos e a retirada parcial dos terraços existentes.

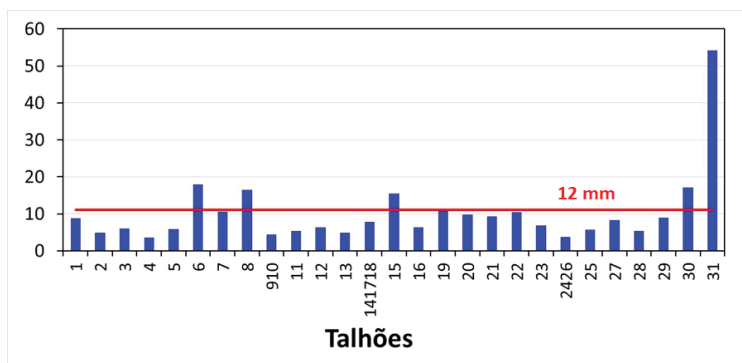


Figura 5. Capacidade de armazenamento de água (mm) dos terraços em talhões da bacia hidrográfica de Toledo.

A baixa capacidade de armazenamento de água dos terraços é preocupante tanto do ponto de vista da conservação do solo e da água, quanto do ponto de vista da produção agrícola. Diante de um cenário de aumento da ocorrência de chuvas de maior intensidade e com maior capacidade de causar erosão no Paraná (Netto et al., 2018), o potencial de perda de água também é aumentado, comprometendo o armazenamento do principal insumo para a produção dentro das áreas agrícolas. O ideal seria que as áreas agrícolas apresentassem capacidade de armazenamento de água suficiente para reter a maior quantidade possível dentro das áreas de produção, permitindo que a água infiltrasse no solo aumentando o período de disponibilidade para as culturas. Com certeza esse é um dos principais motivos para a manutenção de estruturas eficientes para a contenção do excesso de água gerado nas áreas de produção agrícola.

Conclusão

A abordagem baseada em ferramentas digitais demonstrou elevado potencial para a avaliação técnica de sistemas de terraceamento em bacias hidrográficas. A combinação entre MDEs originais e corrigidos, SIGs e o software Terraço 4.1, possibilitou a identificação de deficiências estruturais no sistema de terraceamento em 27 talhões da bacia de Toledo, PR. Os resultados evidenciam que mais de 70% dos terraços analisados não atendem aos parâmetros mínimos de projeto, com impacto direto sobre a capacidade de retenção de água e controle da erosão.

A estratégia adotada alia rigor técnico e aplicabilidade prática, sendo uma importante contribuição para o aperfeiçoamento das práticas conservacionistas em áreas de produção intensiva. A replicação dessa metodologia em outras bacias pode subsidiar políticas públicas de conservação do solo e orientar intervenções estruturais com maior efetividade.

Referências

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **First biennial transparency report of Brazil to the United Nations Framework Convention on Climate Change**. Brasília, DF: Ministry of Science, Technology and Innovation, 2024. Disponível em: https://repositorio.mcti.gov.br/bitstream/mctic/6830/1/2024_First_biennial_transparency_report_of_Brazil.pdf. Acesso em: 26 jan. 2025.

MINASNY, B.; MCBRATNEY, A. B.; WHELAN, B. M. **Vesper version 1.62**. Sydney: Australian Centre for Precision Agriculture, 2005.

NETTO, C. F.; VIRGENS FILHO, J. S.; NEVES, G. L. Análise de erosividade da chuva no estado do Paraná ao longo do século XXI. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, p. 404-422, 2018. DOI: 10.5380/abclima.v22i0.55481.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**: versão 3.40. Open Source Geospatial Foundation Project, 2024. Disponível em: <https://qgis.org>. Acesso em: 9 jun. 2025.

SERATTO, C. D.; FRANCHINI, J. C.; SERATTO, F. R.; DEBIASI, H.; SANTOS, E. L. dos; CONTE, O.; MORALES NETO, S.; BRISCHILIARI, V. **Infiltrômetro de aspersão de Cornell aperfeiçoado**: aspectos construtivos, operacionais e de manutenção. Londrina: Embrapa Soja, 2019. 66 p. (Embrapa Soja. Documentos, 424).