

## Uso do Google Earth Engine (GEE) na análise de fatores condicionadores da prática de revolvimento de solo na bacia hidrográfica do rio São Francisco Verdadeiro – Paraná

Bennert, A. (PTI/UNIOESTE) ; Calegari, M.R. (UNIOESTE) ; Adami, M. (INPE) ; Wandscheer, C. (PTI) ; Perdoná, P.A.O. (PTI/UNIOESTE) ; Hayakawa, E.H. (UNIOESTE)

### RESUMO

A plataforma do Google Earth Engine (GEE) tem sido utilizada para os mais variados tipos de estudos, com destaque aos estudos ambientais, e é uma ferramenta valiosa para tratamentos de dados geoespaciais. Neste contexto, as imagens e métodos disponibilizados pela plataforma GEE foram utilizadas para mapeamento da frequência de exposição/revolvimento do solo na bacia hidrográfica do rio São Francisco Verdadeiro (BHSFV), uma das principais sub-bacias formadoras da bacia hidrográfica do Paraná 3 (bacias cujos canais principais deságuam no rio Paraná). Foi investigado se as condições físicas da BHSFV têm relação com a prática de exposição/revolvimento do solo entre os anos de 1984 a 2022. Mais especificamente, foi verificada a influência de fatores como a declividade, altitude, tipos de solos e o tamanho da área das propriedades rurais, na forma de manejo do solo. Isto possibilitou averiguar que após a virada do milênio ocorreu uma redução na prática de revolvimento do solo.

### PALAVRAS CHAVES

*manejo do solo; oeste do Paraná; análise temporal ; landsat; sentinel*

### ABSTRACT

The Google Earth Engine (GEE) platform has been used for the most varied types of studies, with emphasis on environmental studies, and is a valuable tool for geospatial data processing. In this context, the images and methods provided by the GEE platform were used to map the frequency of soil exposure/turnover in the watershed of the São Francisco Verdadeiro River (BHSFV), one of the main sub-basins that form the Paraná watershed 3. It was investigated whether the physical conditions of the BHSFV is related to the practice of exposing/turning the soil between the years 1984 to 2022. More specifically, the influence of factors such as slope, altitude, soil types and the size of the area of rural properties, was verified. in the form of soil management. This made it possible to verify that after the turn of the millennium there was a reduction in the practice of tilling the soil.

### INTRODUÇÃO

A plataforma do Google Earth Engine (GEE) disponibiliza um catálogo de dados geoespaciais com uma variedade de imagens de satélite, como a coleção Landsat, Sentinel 1 e 2, MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer) e SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Além disso, também oferece dados de previsão climática, cobertura da terra, dentre outros. A plataforma é baseada em computação em nuvem de petabytes, permitindo que uma grande variedade de dados geoespaciais sejam processados (GORELICK et al., 2017; PADARIAN; MINASNY; MCBRATNEY, 2015). O processamento é realizado utilizando a infraestrutura do Google, com algoritmos para analisar os dados, sendo possível personalizá-los por meio da sua interface (PADARIAN; MINASNY; MCBRATNEY, 2015). Isto permite aos pesquisadores desenvolver algoritmos adequados para os diversos tipos de estudos, como mapeamento do solo (DEMATTÊ et al., 2018; 2020; SEFANELI 2020; MENDES et al., 2019; SILVEIRO et al., 2020); mapeamento de degradação do solo (SILVA et al., 2022; NASCIMENTO et al., 2022); uso de variáveis biofísicas (TABERNER et al., 2018); monitoramento da degradação de florestas (CHEN et al., 2021) e mapeamento da evapotranspiração (SENAY et al., 2022), entre outros estudos. Neste estudo, o GEE foi utilizado para mapear os locais de ocorrência e frequência de exposição do solo, que indicam a prática de revolvimento do solo na bacia hidrográfica do rio São Francisco Verdadeiro (BHSFV), tendo como base pesquisas de DEMATTÊ et al. (2018) e SEFANELI

(2020). A bacia do rio São Francisco Verdadeiro (BHSFV) é uma sub-bacia formadora da bacia hidrográfica do Paraná 3 (BP3), localizada no oeste do estado do Paraná e que deságua no reservatório da hidrelétrica de Itaipu. A BHSFV se destaca com uso intensivo voltado para as atividades agropecuárias (BECKER et al., 2021), com destaque para a produção de grãos, como soja e milho, o que tem causado processos erosivos e compactação do solo devido ao uso de maquinário e práticas inadequadas de manejo e conservação dos solos. A prática de revolvimento do solo na bacia agrava ainda mais a perda de solo na bacia. Para o mapeamento da exposição/revolvimento do solo na BHSFV foram utilizadas imagens Landsat-5 e 8 do período de 1984 a 2022, e os resultados preliminares indicaram uma maior frequência da prática antes do ano 2000, com uma redução significativa, principalmente após a adoção de práticas de manejo do plantio direto. No entanto, a adoção do plantio direto não foi homogênea em toda a bacia, o que motivou a investigação dos fatores geográficos que podem influenciar a prática do revolvimento, como a declividade, altitude, tipos de solos e tamanho da área das propriedades rurais. O objetivo desse estudo foi analisar se esses fatores estão relacionados ao manejo do solo e à prática de revolvimento, a fim de identificar possíveis medidas para reduzir os impactos negativos do revolvimento na bacia.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

**Área do Estudo** A bacia hidrográfica do rio São Francisco Verdadeiro (BHSFV) possui uma área de drenagem de aproximadamente 2290 km<sup>2</sup> e um gradiente topográfico de 480 metros (m), com altitudes que variam de 710 m (montante) a 230 m (jusante) (Figura 1). O canal principal da bacia flui na direção leste-oeste, desaguando no reservatório da hidrelétrica de Itaipu, totalizando uma extensão de cerca de 152 km. A área de drenagem BHSFV abrange 11 municípios, destacando-se Cascavel, Toledo e Marechal Cândido Rondon. O uso e cobertura da terra da bacia é predominantemente destinado à agricultura de culturas temporárias (soja e milho), além de pastagem e vegetação arbórea, essas duas últimas concentrando-se nas áreas de maior declividade. Na bacia são encontradas ocorrência de solos profundos e bem desenvolvidos pedogeneticamente como os Latossolos Vermelhos (LVf), Nitossolos Vermelhos (NVf) nas áreas de relevo mais planos, associações de solos mais rasos e de menor desenvolvimento pedogenéticos, isto é, Neossolos Regolítico + Cambissolo Háplicos + Neossolo Litólico (RR+CX+RL) nas áreas de relevo mais dissecado, e Gleissolos Háplicos + Neossolos Flúvicos (GX+RY) nas áreas de fundo de vale ou de drenagem restrita (SILVA; CALEGARI, 2019).

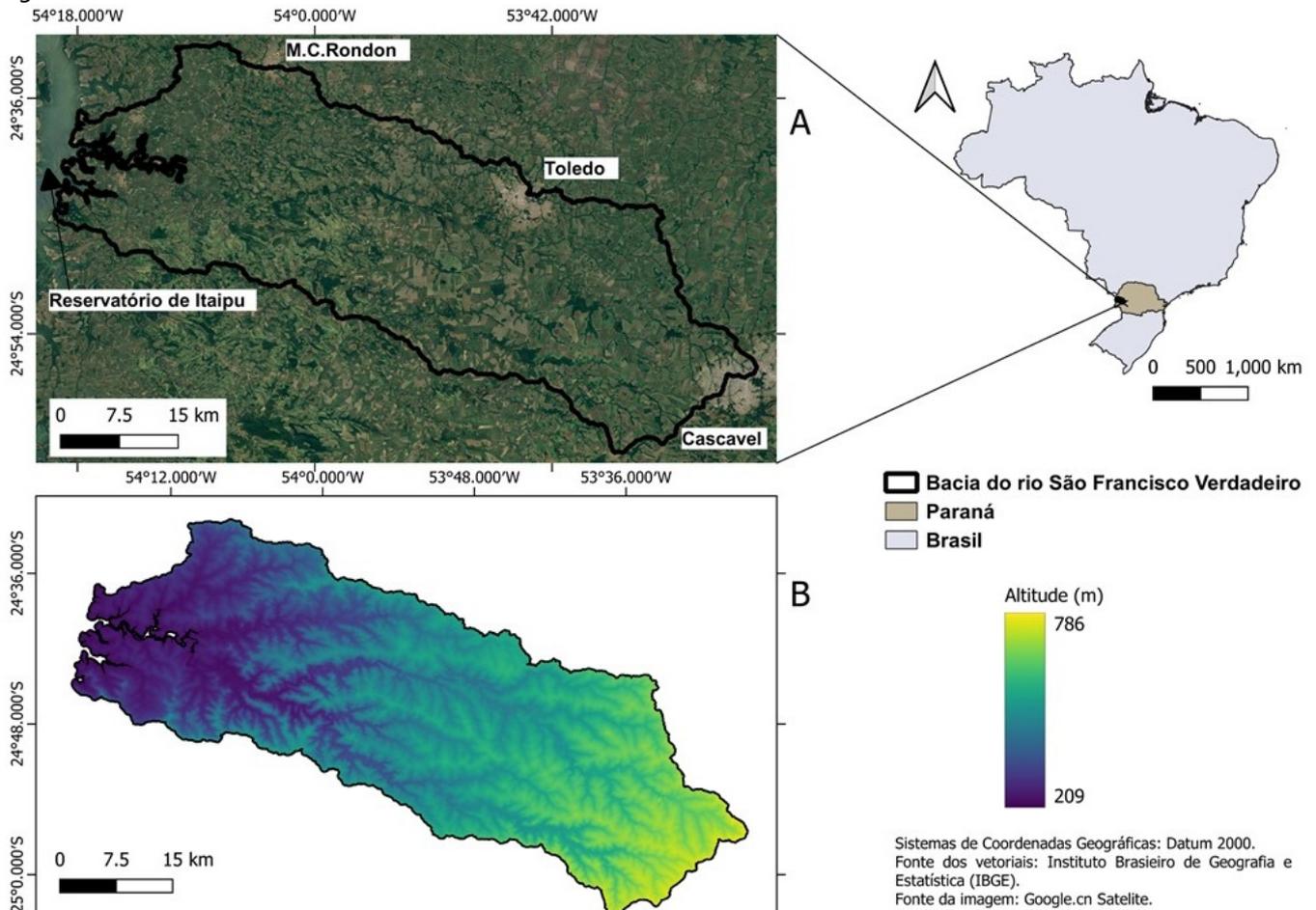
**Procedimento** Os procedimentos utilizados para esse estudo foram: seleção das imagens dos satélites Landsat-5/TM (Thematic Mapper) e Landsat-8/OLI (Operational Land Imager) no GEE, a partir do ano de 1984 considerando-se a data, órbita/ponto, e no máximo 5% de percentual de cobertura de nuvens na cena. Em seguida, as nuvens e suas sombras foram mascaradas quando necessário. Cada uma das imagens foi processada para calcular os índices de vegetação, tais como Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI), Índice de Água de Diferença Normalizada (NDWI), Índice de Vegetação Realçado (EVI) e o Índice de Razão Simples (SR). Adicionalmente, foram aplicados o Modelo de Mistura Espectral (MLME) (SHIMABUKURO; SMITH, 1991) com Endmembers (amostras de pixels) sendo: solo, solo e palhada, vegetação, vegetação nativa e água, acrescido das variáveis elevação e a declividade foram adicionadas como bandas de imagem para a classificação. Os índices, o MLME, a elevação e a declividade, juntamente com as bandas localizadas na região do visível e infravermelho próximo e médio do espectro eletromagnético presentes nos sensores TM e OLI, foram utilizadas como entradas para o processo de classificação. Em seguida, foram selecionados visualmente os pixels de classes de interesse, tais como solo exposto/revolvido, palhada, vegetação, mata nativa e água para servirem como dados de treinamento. As imagens foram classificadas com o Random Forest (Wang et al. 2022; Whyte et al. 2018; Zhou et al. 2020). No procedimento de classificação foi definido um valor de 100 árvores de decisão. Os resultados da classificação de cada imagem foram exportados para o próprio Assets (repositório das camadas ativas salvas) do GEE e, posteriormente, convertidos numa coleção de imagens. Essas imagens foram filtradas para dois períodos específicos, sendo o primeiro de 1984 a 1998 e o segundo de 1999 a 2022. Em seguida, calculou-se a frequência de ocorrência do procedimento de exposição/revolvimento, conforme descrito por Demattê et al. (2018; 2020). Após a realização desses procedimentos, foram sobrepostos os dados de CAR para a dimensão das propriedades

rurais, o mapa de solos da bacia (SILVA; CALEGARI, 2019), a altimetria e a declividade, que foram obtidos por meio de imagem SRTM no próprio GEE.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

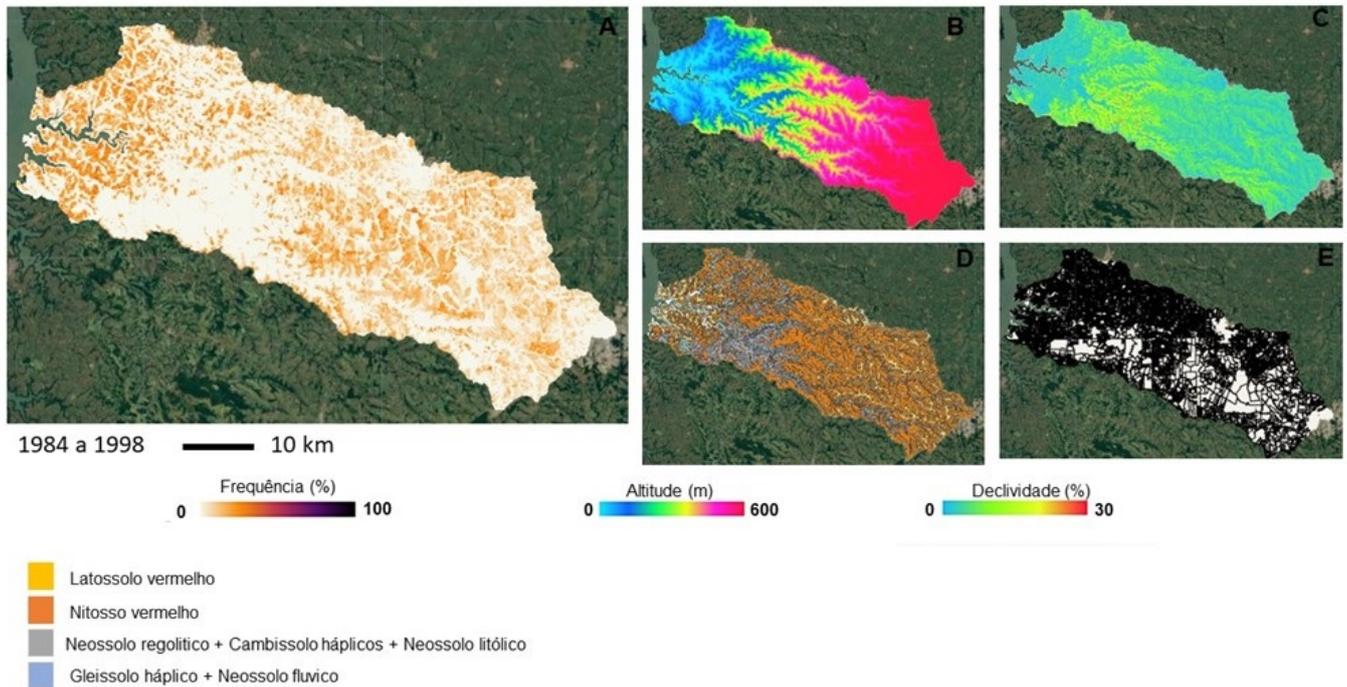
O mapeamento da ocorrência e a análise da frequência de exposição/revolvimento nos períodos de 1984 a 1998 e de 1999 a 2022 revelou uma redução significativa na prática do revolvimento após 1999, o que está diretamente relacionado à adoção do plantio direto para a região (Figuras 2 e 3). O sistema de plantio direto foi introduzido no Brasil no início da década de 1970 no Sul do país (SBARAINI et al. 2022). Na região de abrangência da bacia do Paraná 3 foi incentivado pelo programa “Cultivando Água Boa”. Em 1997 a equipe do Instituto Agrônomo do Paraná realizou um estudo na região do Lago de Itaipu referente a prática de plantio direto verificou que 85% dos agricultores ainda revolviam o solo (ITAIPU; FEBRAPDP, 2011). Em relação a influência dos aspectos físicos da BHSFV, observou-se, inicialmente, que a altitude não apresenta grande influência nessa prática, uma vez que as áreas de revolvimento ocorrem em todas as altitudes. As áreas de menor declividade na BHSFV, entre 0 e ~15%, são locais com maior frequência da prática de exposição/revolvimento do solo, especialmente no setor jusante próximo ao reservatório de Itaipu, onde se encontram os solos de maior aptidão agrícola, os Latossolos e Nitossolos Vermelhos. Conforme Silva e Calegari (2019), os Latossolos Vermelhos Férricos (NVF) ocupam setores de interflúvio planos e alongados em declividades de 0 a 3%, enquanto os Nitossolos Vermelhos Férricos localizam-se em segmentos de alta-média e baixa vertente com inclinações entre 6 a 20% (Figuras 1C e D). Essas áreas da bacia são utilizadas para a produção agrícola de grãos, como soja e milho. Por outro lado, as áreas de menor frequência coincidem com as de maior declividade acima de 20% e com presença de solos mais rasos (Neossolos regolíticos, Cambissolos hapláticos e Neossolo lítólico), em segmentos com formas retilíneas, convexas e côncavas, além de setores instáveis da vertente (SILVA; CALEGARI, 2019). A principal atividade nessas áreas da BHSFV são voltadas para a pecuária, com grande concentração de pastagens. Ao se analisar os dados do CAR, observa-se uma possível relação entre o tamanho das propriedades e a prática de revolvimento e a consequente exposição dos solos. Verificou-se que as propriedades localizadas no setor jusante da bacia, próximo ao reservatório de Itaipu, apresentam uma frequência maior da prática de exposição/revolvimento do solo no período de 1984 a 1998. Por outro lado, as propriedades localizadas principalmente no setor montante próximo a cidade de Cascavel, apresentam uma menor frequência de exposição/revolvimento. No período de 1999 a 2022 observa-se uma diminuição da frequência de exposição/revolvimento do solo (Figura 2A). No entanto, as condições físicas locais ainda permanecem influenciando essa prática. Como mencionado anteriormente, a altitude não tem apresentado influência neste processo. Entretanto, a declividade e a distribuição dos tipos de solos têm ainda indicado que as áreas de maior exposição/revolvimento ocorrem em áreas de menor declividade principalmente na área jusante da bacia, próximo ao reservatório de Itaipu (Figura 2B e 2C). Por outro lado, as áreas com menor frequência ocorrem em setores mais inclinados (acima de 20%) e com presença de solos mais rasos. Os locais com menores inclinações e com presença dos Latossolos e Nitossolos são favoráveis ao uso de maquinário para preparo do solo para o plantio e colheita, favorecendo a compactação do solo e ocasionando a prática de revolvimento para minimizar os impactos e efeitos dessa compactação. Por outro lado, os locais mais inclinados e com solos mais rasos, onde predominam pastagens, locais com presença de bovinos, e em alguns locais pontuais a silvicultura, justificam a baixa frequência da exposição/revolvimento do solo nestas áreas da bacia. A compactação do solo é uma questão de manejo do solo (BATEY, 2009), sendo um processo ligado a perda da porosidade do solo, decorrente principalmente do uso intensivo de maquinário e pelo manejo incorreto (SILVA et al., 2015). Geralmente a compactação do solo afeta a parte superior do solo (topo do solo), mas também é observada em profundidade (NAWAZ; BOURRIÉ; TROLARD, 2013). Outro fator a ser considerado são as condições de trabalho que se restringem quando o teor de umidade do solo, o que em solos mal drenados pode acarretar na compactação (BATEY, 2009). Para solucionar o problema da compactação, alguns produtores adotam a prática de revolvimento. Conforme Batey (2009) essa prática vai depender de fatores como a profundidade da compactação. Já Silva et al. (2015) destacam que o procedimento de escarificação (revolvimento) de forma isolada não é duradouro e seus efeitos não duram por várias safras. Outra medida para evitar a compactação seria a adoção do

plântio direto, que requer três importantes premissas: não revolvimento do solo, rotação de culturas e cobertura vegetal (SILVA et al., 2015). O estado do Paraná foi pioneiro no Brasil com a implementação de uma legislação do uso do solo que preconizava sobre as práticas agrícolas. Entretanto, mesmo com incentivos e programas para o manejo e conservação do solo e da água, a abordagem ainda tem sido reducionista na visão de muitos produtores e técnicos (CONCEIÇÃO, 2019).

**Figura 1**

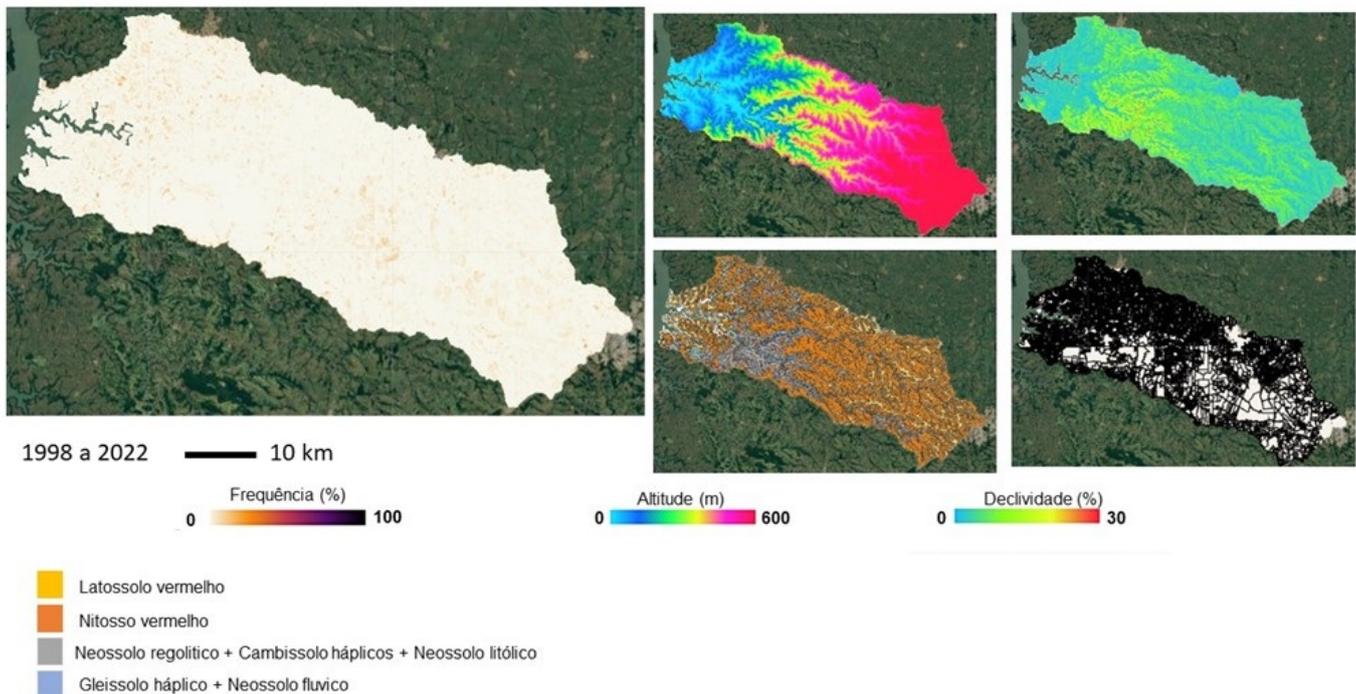
A) imagem de satélite da BHSVF com destaque as principais cidades da área; B) a variação altimetria para a bacia.

**Figura 2**



A) frequência de ocorrência de revolvimento do solo de 1984 a 1998; B) Altitude; C) Declividade; D) Mapa de solos; E) CAR das propriedades da bacia.

Figura 3



A) frequência de 1999 a 2022; B) elevação para a área; C) a pendente; D) Mapa de solos; E) CAR das propriedades da bacia.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do GEE para o mapear a frequência da prática de exposição/revolvimento do solo entre 1984 a 2022 foi eficaz, permitindo avaliar a redução da prática de revolvimento após a virada do

milênio, em grande parte devido ao uso do plantio direto na área estudada. Além disso, foi possível analisar como fatores físicos como declividade e a distribuição dos solos afetam a prática de revolvimento, identificando que os locais com declividades menores e presença de Nitossolos e Latossolos apresentam maior ocorrência de revolvimento, enquanto solos rasos como Neossolo apresentam menor frequência de revolvimento. Os dados do CAR sobre o tamanho das propriedades permitiram verificar que as propriedades menores estão concentradas nos locais de maior ocorrência de revolvimento. No entanto, para uma compreensão mais profunda e análise de campo, estudos futuros são necessários para se verificar se estas condições estejam realmente contribuindo para a prática de revolvimento do solo. O uso do GEE mostrou-se eficaz e gerou resultados que podem ser usados para informar políticas e práticas agrícolas sustentáveis, e fornecerem uma base sólida para pesquisas futuras.

## **AGRADECIMENTOS**

A Fundação Parque Tecnológico de Itaipu convênio NIT (Núcleo de Inteligência Territorial). Ao CNPq – Processo 313757/2021-6, à Fundação Araucária e SETI Convênio 703/2022, ao FINEP - Convênio 01180080 00. A CAPES Cód. de Fin. 001”

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA**

- BATEY, T. Soil compaction and soil management – a review. *Soil and Management*, v25, p.335-345, 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2009.00236.x>.
- BECKER, W.R.; LÓ, T.B.; JOHANN, J.A.; MERCANTE, E. Statitical features for land use and land cover classification in Google Earth Engine. *Remote Sensing Applications and Environment*, 12, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100459>.
- CHEN, S. et al. Monitoring temperate forest degradation on Google Earth Engine using Landsat time series analysis. *Remote Sensing of Environment*, 265, 2021, doi.org: 10.1016/j.rse.2021.112648.
- CONCEIÇÃO, P.C. Práticas conservacionistas. In.: O. J. Bertol et al. Manual de manejo e conservação do solo e da água para o estado do Paraná. 1. Ed. Curitiba, Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – NEPAR-SBCS, 2019. p. 112.
- DEMATTE, J. A. M et al. Bare Earth`s surface spectra as a proxy for soil resource monitoring. *Scientific Reports*, 10, p.1-11, 2020.
- DEMATTE, J. A. M et al. Geospatial Soil Sensing System (GEOS3): A powerfull data mining reduce to retrieve soil spectral reflectance from satellite images. *Remote Sensing Environment*, 212, p. 161-175, 2018.
- ITAIPU; FEBRAPDP- Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. Metodologia participativa para avaliar a qualidade do plantio direto na bacia hidrográfica Paraná III. 2011. Disponível em: [https://www.itaipu.gov.br/sites/default/files/Metodologia\\_de\\_Qualifica%C3%A7%C3%A3o\\_do\\_Plantio\\_Direto.pdf](https://www.itaipu.gov.br/sites/default/files/Metodologia_de_Qualifica%C3%A7%C3%A3o_do_Plantio_Direto.pdf). Acesso em: 02 de maio de 2023.
- GORELICK et al. Google Earth Engine: Planetary – scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*. 202, p.18-27, 2017. Doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031.
- MENDES, W.S. et al. Is it possible to map subsurface soil atributes by satellite espectral transfer models? *Geoderma*, 343, p.269-279, 2019.
- NASCIMENTO, C.M. et al. Soil degradation detected by temporal satellite image in São Paulo state, Brazil. *Jornal of South American Earth Sciences* 120, p.1-9, 2020, doi.org/10.1016/j.sames.2022.104036.
- Nawaz, M.F.; Bourrié, G.; Trolard, F. Soil compaction impact and modelling. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 33, 291–309 (2013). <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0071-8>.
- PADARIAN, J.; MINASNY, B.; MCBRATNEY, A.B. Using Google`s clou-based platform for digital soil mapping. *Computers & Geosciences*, 83, p.80-88, 2015.
- SBARAINI, A.H; CORRÊA, J.S.; ROSSET, J.S. Índice de qualidade participativo (IQP) do sistema plantio direto de propriedades rurais de dois municípios da região oeste do estado do Paraná. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, vol.60, p.634-654, 2022. DOI:10.5380/dma.75741.
- SEFANELLI, J.L. Leveraging the application of Earth observation fata for mapping and monitoring cropland soils. Piracicaba, pp.105, 2020.
- SHIMABUKURO, Y.E.; SMITH, J.A. The least-square mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v.

29, n. 1, p. 16-20, 1991.

SILVA, B. A.; CALEGARI, M. R. Atualização do mapa de solos na bacia do Paraná 3: Estudo de caso das sub-bacias hidrográficas dos rios São Francisco Verdadeiro e São Francisco Falso. *Perspectiva Geográfica*, v.14, nº20, p.48-58, 2019.

SILVA et al. Manejo e conservação do solo e da água: guia de estudos. Lavras: UFLA, 2015.

SILVA, M. V. et al. Remote sensing techniques via Google Earth Engine for land degradation assessment in the Brazilian semiarid region, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 120, p.1-9, 2022, doi.org/10.1016/j.james.2022.104061.

SILVEIRO, N. E. Q. et al. Soil variability and quantification based on Sentinel -2 and Landsat-8 bare soil images: A comparison. *Remote Sensing of Environment*, 252, p.1-19, 2020.

TABERNER, M.C. et al. Global Estimation of Biophysical Variables from Google Earth Engine Platform. *Remote Sensing*, 2018, doi:10.3390/rs10081167.

WANG, S. et al. Using soil library hyperspectral reflectance and machine learning to predict soil organic carbon: Assessing potential of airborne and spaceborne optical soil sensing. *Remote Sensing of Environment*: 271. 2022. doi: 10.1016/j.rse.2022.112914.

WHYTE, A.; FERENTINOS, K. P.; PETROPOULOS, G. P. A new synergistic approach for monitoring wetlands using Sentinels -1 and 2 data with object-based machine learning algorithms.

*Environmental Modelling and Software* 104: 2018. 40-54. doi: 10.1016/j.envsoft.2018.01.023.

ZHOU, B.; OKIN, G.S.; ZHANG, J. Leveraging Google Earth Engine (GEE) and machine learning algorithms to incorporate in situ measurement from different times for rangelands monitoring.

*Remote Sensing of Environment* 236. 2020. doi:10.1016/j.rse.2019.111521.