

## BANCO INTEGRADO DE DADOS DE SOLO PARA MODELAGEM HIDROLÓGICA NO BRASIL

OTTONI MARQUES MOURA DE LEON<sup>1</sup>; DANIELLE BRESSIANI; LUIS CARLOS TIMM<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – ottonibaixo@gmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas – daniebressiani@gmail.com*

<sup>3</sup> *Universidade Federal de Pelotas – lcattimm@yahoo.com.br*

### 1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas impactam o sistema atmosférico, alterando padrões no ciclo hidrológico (XIONG; YANG, 2024), ocasionado transtornos e perdas em diversos âmbitos. Entre os instrumentos que nos possibilitam compreender, prevenir e nos adaptar a tais impactos está a modelagem hidrológica computacional (JANJIĆ; TADIĆ, 2023). A modelagem uma ferramenta fundamental para analisar, compreender e predizer processos hidrológicos em escala de bacias hidrográficas (SAHU et al., 2023). Entre os modelos mais utilizados na atualidade está o *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT) (BRESSIANI et al., 2015; ASURZA-VÉLIZ; LAVADO-CASIMIRO, 2020). No entanto, para o território brasileiro a obtenção de dados de entrada pode ser um obstáculo para diversas aplicações do modelo (BRESSIANI et al., 2015; FERRAZ et al., 2025).

As variáveis de entrada para o modelo SWAT, como o modelo digital de elevação, os dados de cobertura e uso da terra, os dados do solo e os dados climatológicos exercem impacto direto na modelagem hidrológica (RASHEED et al., 2024). No caso do Brasil, os dados de solo podem ser um problema, pois o país possui dimensões continentais, refletida na diversidade de processos pedogenéticos, originando solos distintos em sua completude (PINHEIRO et al., 2020).

Para o território brasileiro as opções disponíveis como entrada de dados de solo incluem: 1) Banco de dados Globais, já adaptados para o modelo, porém com baixa resolução e representatividade; 2) Banco de Dados Nacionais, que necessitam de organização e estimativa de atributos faltantes, através de escolha criteriosa de funções de pedotransferência; 3) Dados observados em campo, que exige grande demanda de tempo e recursos.

Dessa forma, observa-se uma lacuna quanto à disponibilidade de fonte de dados de solo territorialmente abrangente e adequada ao modelo. Essa lacuna pode ser preenchida com um banco de dados de solo estruturado, com parâmetros e organização compatíveis com o modelo SWAT. Tal iniciativa ampliará e facilitará as aplicações do modelo em diferentes regiões do Brasil.

O objetivo do presente estudo foi desenvolver um banco de dados de solo que conte com as necessidades de modelos hidrológicos, como o modelo SWAT e tenha abrangência territorial para todo o Brasil.

### 2. METODOLOGIA

O desenvolvimento do Banco Integrado de Dados de solo para Modelagem Hidrológica no Brasil foi realizado utilizando a linguagem de programação R, por meio da plataforma RStudio. A Metodologia adotada foi estruturada nas etapas apresentadas a seguir:

1. Identificação dos parâmetros de entrada exigidos pelo modelo SWAT. Os parâmetros de solo necessários para entrada no modelo são: grupo hidrológico do solo, classe textural, profundidade da raiz, número de camadas, e para cada camada, são necessários: profundidade, frações texturais (areia, silte e argila), condutividade hidráulica em solo saturado ( $K_{sat}$ ), densidade do solo (BD), quantidade de água disponível (AWC), carbono orgânico (CBN), fator de erodibilidade do solo (USLE-K), albedo.

2. Definição dos parâmetros mínimos obrigatórios. Foi estabelecido um conjunto mínimo de atributos que cada perfil de solo deveria conter para possibilitar a estimativa dos demais parâmetros por meio de funções de pedotransferência. Os parâmetros mínimos definidos foram: a profundidade da camada, as frações texturais, conteúdo de carbono orgânico e a localização do dado (georreferencia ou município/UF).

3. Obtenção das bases de dados de solo. Para a versão atual do banco foram utilizadas três bases de dados primárias, sendo elas: Hydrophysical Database for Brazilian Soils - HYBRAS (OTTONI et al., 2018), Repositório Brasileiro Livre para Dados Abertos do Solo - FEBR (ANJOS et al., 2021) e o Banco de Dados de Solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (EMBRAPA, 2014).

4. Organização, concatenação e limpeza dos dados. Os dados obtidos foram concatenados em um formato tabular organizado, no qual cada linha contém os dados de um perfil de solo. As informações foram distribuídas em até dez camadas por perfil, já na organização e unidade requeridas pelo modelo. Perfis que não continham parâmetros mínimos e dados duplicados, foram removidos.

5. Estimativa dos parâmetros faltantes. Para estimar os parâmetros faltantes foram utilizadas funções de pedotransferência escolhidas com base nos critérios de disponibilidade de preditores e adequação aos solos brasileiros. A  $K_{sat}$  foi estimada com a função de OTTONI et al. (2019). A AWC foi estimada com a função de TEIXEIRA et al. (2021). A BD com a função de BENITES et al. (2007). O USLE-K com a função de WILLIANS (1995). O albedo com a função de BAUMER (1990).

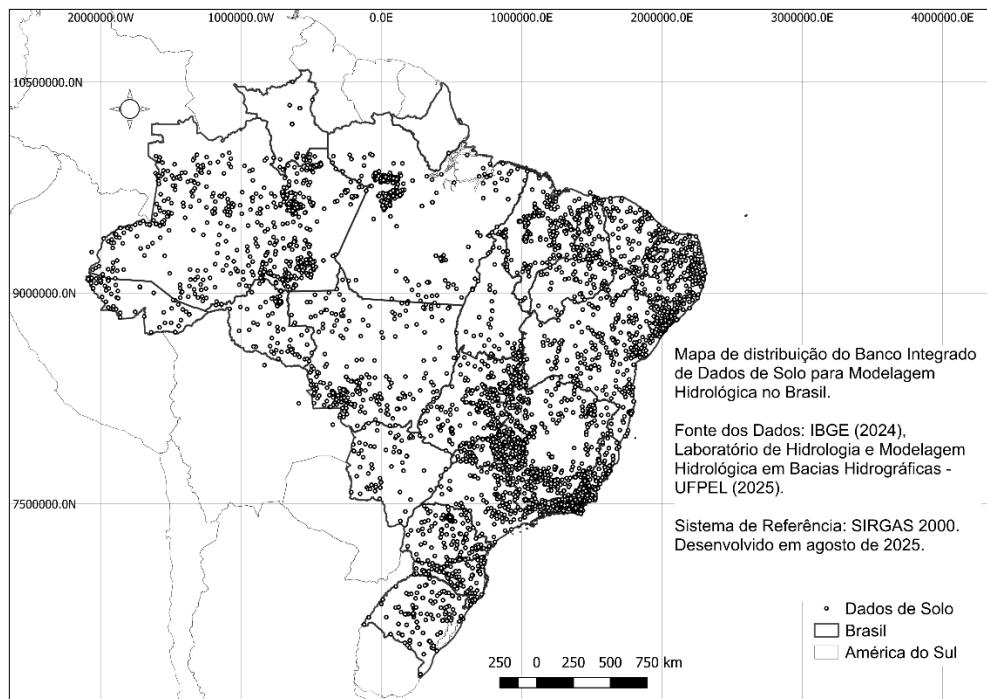
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado principal desse trabalho foi o Banco Integrado de Dados de Solo para Modelagem Hidrológica no Brasil, que no momento possui dados referentes a 7.944 perfis de solo. Os dados possuem os parâmetros e organizações para suprir as diretrizes do modelo SWAT.

A distribuição espacial abrange todas as Unidades da Federação. No entanto, a distribuição não é igualitária. Os estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro, possuem os maiores números de dados, acima de 800. Já os estados do Espírito Santo, Rio Grande do Norte, Acre, Alagoas, Pernambuco, Roraima e Tocantins possuem menos de 100 perfis de solo. Na Figura 1 é apresentada a distribuição dos dados no país.

Outro ponto relevante são os tipos de solo contemplados no banco. O banco abrange as 13 ordens de solo, com base na classificação proposta pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2025). A ordem dos Argissolos apresentou o maior número de perfis de solo, seguida do Latossolo e do Neossolo. O que era esperado, tendo em vista que esses tipos de solo possuem a maior cobertura do território brasileiro, cerca de 70% (SANTOS et al., 2011).

Figura 1 – Dados dos Perfis de Solo Espacializados do Banco Integrado de Dados de Solo para Modelagem Hidrológica no Brasil.



Fonte: Adaptado de Hydrophysical Database for Brazilian Soils – HYBRAS (OTTONI et al., 2018); Repositório Brasileiro Livre para Dados Abertos do Solo – FEBR (ANJOS et al., 2021); Banco de Dados de Solos da Embrapa – EMBRAPA (2014); IBGE (2024).

#### 4. CONCLUSÕES

Esse trabalho apresenta o desenvolvimento do Banco Integrado de Dados de Solo para Modelagem Hidrológica no Brasil. O Banco apresenta uma distribuição satisfatória para o país, contendo dados referentes a quase 8.000 perfis de solos. Esse banco será fundamental para auxiliar o desenvolvimento de modelagens hidrológicas e para o apoio à decisão a nível nacional. No desenvolvimento do Banco foi priorizada, a utilização de funções de pedotransferência desenvolvidas para solos brasileiros. Como lacuna, existem incertezas em alguns parâmetros observados, por apresentarem valores atípicos. São previstas melhorias para as próximas versões do banco, como a inclusão de mais dados e uma versão do banco composta apenas por parâmetros observados. Também é previsto o desenvolvimento de uma plataforma para o livre acesso aos dados. Essa plataforma será um grande avanço para as pesquisas na área no Brasil.

#### 5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio: da CAPES – Código de Financiamento 001, do Programa de Pós-Graduação em Recursos hídricos da UFPel, e do CNPq, por meio do projeto Universal 409280/21023-2. Agradecemos o apoio da rede do ONSEADApta - Observatório Nacional de Segurança Hídrica e Gestão Adaptativa.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASURZA-VÉLIZ, F. A.; LAVADO-CASIMIRO, W. S. Regional parameter estimation of the SWAT model: Methodology and application to river basins in the Peruvian pacific drainage. **Water**, v. 12, n. 11, p. 3198, 2020.
- ANJOS, M. A. dos; ROSA, A. S.; CONTI, G. **Repositório de Dados do Solo Brasileiro** Data Repository of the Brazilian Soil. 2021.
- BAUMER, O. W. Predictions of soil hydraulic parameters. **WEPP Data Files for Indiana SCS National Soil Survey Lab**. Lincoln, Nebraska, United States, 1990.
- BENITES, V. M. et al. Pedotransfer functions for estimating soil bulk density from existing soil survey reports in Brazil. **Geoderma**, v. 139, n. 1-2, p. 90-97, 2007.
- BRESSIANI, D. A. et al. Review of soil and water assessment tool (SWAT) applications in Brazil: Challenges and prospects. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 8, n. 3, p. 9-35, 2015.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Banco de dados de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2014.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 6. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2025.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Malha municipal do Brasil*: 2024. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.
- JANJIĆ, J.; TADIĆ, L. Fields of application of SWAT hydrological model—a review. **Earth**, v. 4, n. 2, p. 331-344, 2023.
- SAHU, M. K.; SHWETHA, H. R.; DWARAKISH, G. S. State-of-the-art hydrological models and application of the HEC-HMS model: a review. **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 9, n. 3, p. 3029-3051, 2023.
- RASHEED, N. J. et al. Survey on the resolution and accuracy of input data validity for SWAT-based hydrological models. **Heliyon**, v. 10, n. 19, 2024.
- OTTONI, M. V. **HYBRAS, Hydrophysical Database for Brazilian Soils**: Banco de dados hidrofísicos em solos no Brasil para o desenvolvimento de funções de pedotransferências de propriedades hidráulicas, versão 1.0. CPRM, 2018.
- OTTONI, M. V. et al. Pedotransfer functions for saturated hydraulic conductivity using a database with temperate and tropical climate soils. **Journal of Hydrology**, v. 575, p. 1345-1358, 2019.
- XIONG, J.; YANG, Y. Climate change and hydrological extremes. **Current Climate Change Reports**, v. 11, n. 1, p. 1, 2024.
- TEIXEIRA, W. G. et al. **Predição da água disponível no solo em função da granulometria para uso nas análises de risco no zoneamento agrícola de risco climático**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; 2021. Boletim técnico, v. 272, 2021.
- WILLIAMS, J. R. The EPIC model. In: SINGH, V. P. (ed.). Computer models of watershed hydrology. **Highlands Ranch: Water Resources Publications**, 1995. cap. 25, p. 909–1000.