ARIDUS - Análise de Riscos e Inteligência de Dados para Uso em Secas

Reginaldo Moura Brasil Neto[1] & Celso Augusto Guimarães Santos[2]

Palavras-Chave – Secas; Plataforma de suporte à decisão; Inteligência artificial

INTRODUÇÃO

As secas estão entre os desastres naturais de maior impacto socioeconômico no Brasil e no planeta, distinguindo-se dos demais por sua natureza progressiva, seus efeitos difusos e a alta dificuldade de delimitação espacial e temporal. No Brasil, os prejuízos associados a eventos de seca ultrapassaram R$ 20 bilhões em 2025 (Jornal do Comércio, 2026), com reflexos diretos em diferentes setores. Já a nível global, dados da Organização das Nações Unidas (ONU News, 2025) estimam que cerca de 700 milhões de pessoas poderão ser forçadas a migrar em razão da escassez hídrica até 2030, evidenciando a dimensão estrutural desse problema e a urgência de respostas técnicas qualificadas.

Diante dessa situação, diferentes instituições e órgãos desenvolveram sistemas de monitoramento de secas com o objetivo de subsidiar a tomada de decisão em diferentes escalas de gestão. Países como Estados Unidos (USDM, 2026) e Espanha (AEMET, 2026) têm iniciativas consolidadas e oferecem diversos diagnósticos sobre a intensidade e a abrangência dos eventos secos em seus territórios. No Brasil, a iniciativa do Monitor de Secas da ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico) e o CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais) têm priorizado avanços nesse tema, mas apesar da busca por melhorias, ainda existem algumas limitações.

Em geral, as plataformas concentram-se no retrato da situação presente, oferecendo diagnósticos sem necessariamente integrar a caracterização histórica detalhada, a análise de tendências de curto e longo prazo, a regionalização baseada em padrões de similaridade, a correlação com fenômenos climáticos globais e regionais ou a capacidade preditiva com antecedência suficiente para orientar as devidas ações preventivas. No Brasil, essa lacuna é particularmente crítica, dado que a seca não é apenas um evento recorrente, mas uma condição estrutural que exige instrumentos capazes de antecipar cenários diversos e apoiar decisões em múltiplas escalas temporais e espaciais.

É nesse contexto que este trabalho apresenta o ARIDUS - Análise de Riscos e Inteligência de Dados para Uso em Secas - uma plataforma modular de suporte à decisão em segurança hídrica desenvolvida por pesquisadores com vivência direta dos efeitos das secas. Nossa plataforma integra metodologias já validadas em publicações científicas para oferecer, em um único ambiente, desde o monitoramento de índices de seca até a predição de cenários futuros com suporte de inteligência artificial. Mais do que isso, o ARIDUS foi concebido não apenas para produzir análises mais robustas, mas também para traduzi-las em informações acessíveis a gestores, tomadores de decisão e comunidades afetadas.

METODOLOGIA

A arquitetura do ARIDUS é estruturada em seis módulos funcionais e interdependentes, concebidos para abranger todo o ciclo de compreensão das secas. A plataforma utiliza, primordialmente, séries históricas de variáveis meteorológicas de bases de dados híbridas, com flexibilidade para processar dados em forma de grade e medições pontuais. A seguir, detalham-se os fundamentos dos módulos:

1) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba. regismouraneto@hotmail.com
2) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba. celso@ct.ufpb.br

Módulo 1: Como estamos hoje? Focado no diagnóstico em tempo quase real, este módulo processa múltiplos índices de seca e os confronta com as classificações dos órgãos reguladores. O sistema gera rankings dinâmicos de criticidade e mapas interativos que permitem visualizar a evolução das secas.

Módulo 2: Como chegamos até aqui? Realiza a caracterização histórica detalhada dos eventos de seca em seis dimensões: quantidade, duração, severidade, intensidade, frequência e área atingida. Este módulo permite reconstruir a trajetória de crises hídricas passadas e comparar eventos atuais com grandes eventos históricos (Brasil Neto *et al*., 2022).

Módulo 3: Para onde estamos caminhando? Detecta tendências estatisticamente significativas nas séries utilizando métodos estatísticos robustos. Os resultados são traduzidos em linguagem acessível para gestores: “Os eventos de seca na minha região estão mais severos?" (Brasil Neto *et al*., 2021a).

Módulo 4: Quem mais sofre como nós? Utiliza algoritmos de agrupamento para identificar regiões com padrões semelhantes, superando as divisões político-administrativas e dando subsídios para a criação de consórcios intermunicipais de bacia (Brasil Neto *et al*., 2021b).

Módulo 5: Isso vai se repetir? Aplica técnicas de análise espectral e processamento de sinais para identificar a periodicidade dos eventos de seca e sua correlação com fenômenos climáticos globais, como a AMO (*Atlantic Multidecadal Oscillation*), o ENSO (El Niño-Oscilação Sul) e a PDO (*Pacific Decadal Oscillation*) (Santos *et al*., 2023; Santos *et al*., 2024).

Módulo 6: O que nos espera? O núcleo preditivo utiliza modelos desenvolvidos com Redes Neurais Artificiais (RNA) para projetar cenários hídricos futuros. O sistema gerará mapas de probabilidade e alertas de antecipação, acompanhados de um painel de transparência que exibe os índices de acurácia e confiabilidade do modelo para cada localidade (Santos *et al*., 2026).

Quanto à operacionalização, o ARIDUS adota um ciclo de atualização mensal, em consonância com a disponibilidade das principais bases de dados meteorológicas. No entanto, o sistema está em fase de expansão para incorporar variáveis hidrometeorológicas em tempo real, o que permitirá, em breve, atualizações quinzenais ou semanais, especialmente no que tange ao módulo de previsão. De maneira complementar, a plataforma oferecerá seção dedicada à transparência metodológica e um glossário interativo que contextualiza os conceitos técnicos para diferentes perfis de usuários.

RESULTADOS

O desenvolvimento do ARIDUS apresenta avanços significativos, com módulos em diferentes fases de implementação. O submódulo de Navegação Temporal Inteligente, pertencente ao Módulo 1, por exemplo, já permite a consulta de índices de seca em múltiplas escalas temporais, integrando dados de sensoriamento remoto a visualizações dinâmicas. A Figura 1 ilustra a interface de um dos produtos gerados pelo ARIDUS e sua estrutura conceitual e funcional. Para o projeto piloto, séries históricas do CRU (*Climatic Research Unit*) e do GPCC (*Global Precipitation Climatology Centre*) referentes ao período de 1970 a 2020 foram utilizadas. O usuário pode alternar os critérios de classificação dos eventos secos e úmidos, em meses e anos, além de selecionar pontos específicos para extrair séries temporais detalhadas de cada local com base no índice de seca escolhido.

Na Figura 1, exemplifica-se a avaliação da distribuição espacial das classes de severidade dos eventos a partir do índice SPI-12 (*Standardized Precipitation Index*) para dezembro de 2019. As categorias, que variam de S1 a S8, indicam gradações que vão de eventos extremamente secos a extremamente úmidos. Esta visualização inicial permite identificar com clareza os contrastes espaciais em regiões sujeitas a extremos secos (S1) ou úmidos (S8), evidenciando a capacidade do ARIDUS de representar a heterogeneidade do território. Essa diferenciação espacial é relevante para o monitoramento, pois

viabiliza a identificação tanto de núcleos persistentes de escassez quanto de áreas em processo de recuperação relativa das condições hídricas ao longo da série temporal avaliada.

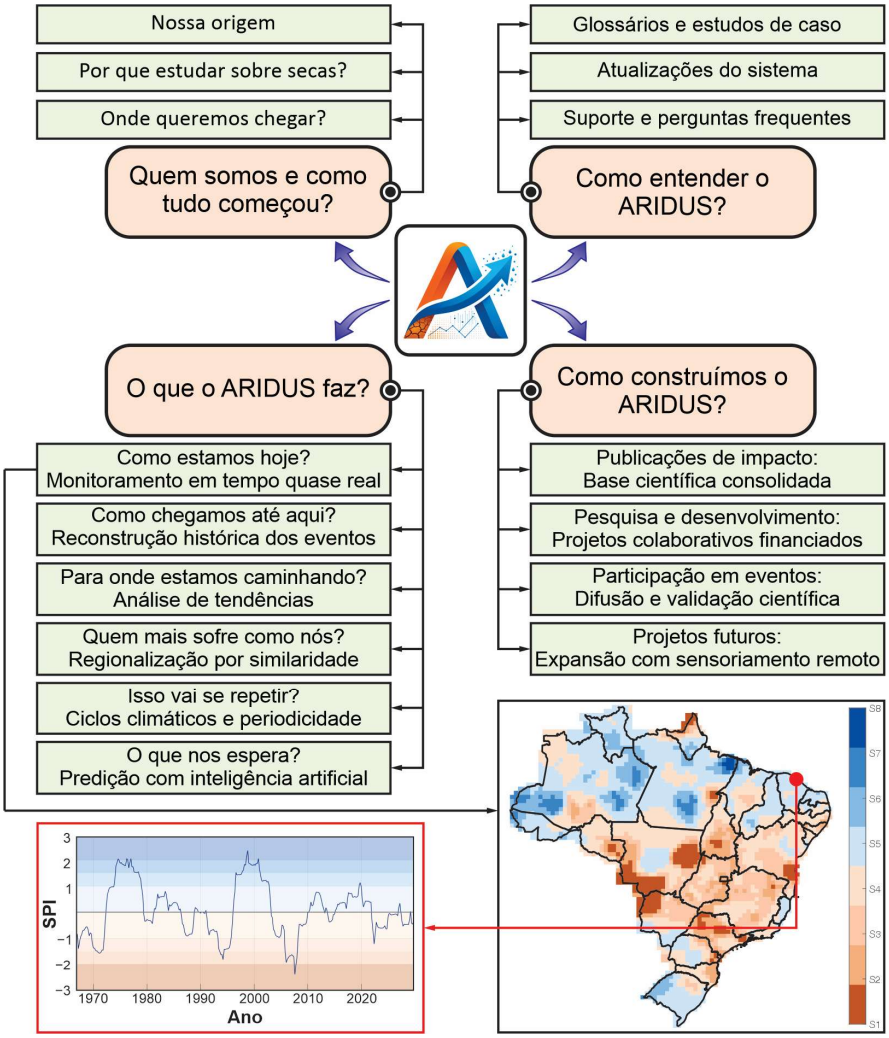


Figura 1. Estrutura conceitual e funcional da plataforma ARIDUS. O mapa ilustra a distribuição espacial das classes de severidade de eventos conforme o índice SPI-12 para dezembro de 2019 e o gráfico detalha a evolução temporal desse índice no período de 1970 a 2019 com base em dados do GPCC.

O *dashboard* dinâmico está sendo aprimorado para avaliar as condições de seca nas principais regiões hidrográficas, com suporte à utilização de outros índices, como o SPEI (*Standardised Precipitation Evapotranspiration Index*) e PDSI (*Palmer Drought Severity Index*). Além da entrega técnica padrão, a plataforma já incorpora um roteiro de expansão para projetos futuros e suporte ao usuário, o que a torna não apenas uma ferramenta de análise, mas também um ecossistema de suporte à decisão. Os módulos de análise de caracterização, tendências, agrupamento, periodicidade e predição (Módulos 2 a 6) encontram-se em fases distintas de implementação. Como a estrutura foi projetada com uma lógica modular e escalável, as funcionalidades poderão ser acopladas sem qualquer interrupção.

CONCLUSÕES

O ARIDUS representa uma contribuição relevante para a gestão de riscos e desastres associados a secas. Ao integrar metodologias científicas em uma plataforma acessível e modular, a iniciativa preenche uma lacuna entre a produção acadêmica e a aplicação prática na gestão pública dos recursos hídricos. A abordagem utilizada no ARIDUS distingue-se das demais por três grandes características: (i) fundamentação científica robusta com métodos validados; (ii) arquitetura modular, que permite a

evolução contínua e independente; e (iii) foco na tradução de dados técnicos para linguagem prática, voltada a diferentes perfis de usuários.

Os resultados parciais demonstram a viabilidade técnica da plataforma para o território brasileiro e reforçam o potencial do ARIDUS como ferramenta estratégica para antecipar crises hídricas, otimizar a alocação de recursos e fundamentar políticas de adaptação às mudanças climáticas. A iniciativa reafirma a importância de integrar ciência e gestão para que a compreensão dos ciclos do passado e do presente sirva de norte estratégico para a mitigação dos impactos das secas. Como os próximos passos, o desenvolvimento dos módulos restantes e a validação em estudos de caso serão priorizados.

REFERÊNCIAS

AEMET. (2026). Agencia Estatal de Meteorología. Disponível em: https://www.aemet.es/es/portada. Acesso em: 20 mai. 2026.

BRASIL NETO, R.M.; SANTOS, C.A.G.; SILVA, R.M.; SANTOS, C.A.C. (2022). "*Evaluation of TRMM satellite dataset for monitoring meteorological drought in north-eastern Brazil*". Hydrological Sciences Journal, v. 67(14), p.2100–2120.

BRASIL NETO, R.M.; SANTOS, C.A.G.; SILVA, J.F.C.B.C.; SILVA, R.M.; SANTOS, C.A.C.; MISHRA, M. (2021a). "*Evaluation of the TRMM product for monitoring drought over Paraíba State, northeastern Brazil: a trend analysis*". Scientific Reports, v. 11, p. 1097.

BRASIL NETO, R.M.; SANTOS, C.A.G.; SILVA, R.M.; DOS SANTOS, C.A.C.; LIU, Z.; QUINN, N.W. (2021b). "*Geospatial cluster analysis of the state, duration and severity of drought over Paraíba State, northeastern Brazil*". Science of the Total Environment, v. 799, p. 149492.

JORNAL DO COMÉRCIO. (2026). "Desastres climáticos causaram prejuízos de R$ 28 bilhões ao Brasil em 2025, diz relatório". Jornal do Comércio, Economia. Disponível em: https://www.jornaldocomercio.com/economia/2026/02/1235965-desastres-climaticos-causaram-prejuizos-de-rs-28-bilhoes-ao-brasil-em-2025-diz-relatorio.html. Acesso em: 20 mai. 2026.

ONU NEWS. (2025). "Notícias globais sobre clima e recursos hídricos". Nações Unidas. Disponível em: https://news.un.org/pt/story/2025/05/1848501. Acesso em: 20 mai. 2026.

SANTOS, C.A.G.; MIRANDA, V.N.M.; BRASIL NETO, R.M.; FARIAS, C.A.S.; SILVA R.M. (2026). "*Artificial neural network-based forecasting of SPI for extreme event analysis in the Upper São Francisco sub-basin*". Hydrological Sciences Journal, v. 1, p. 1–13.

SANTOS, C.A.G.; SANTOS, D.C.; BRASIL NETO, R.M.; OLIVEIRA, G.; SANTOS, C.A.C.; SILVA, R.M. (2024). "*Analyzing the impact of ocean-atmosphere teleconnections on rainfall variability in the Brazilian Legal Amazon via the Rainfall Anomaly Index (RAI)*". Atmospheric Research, v. 307, p. 107483.

SANTOS, D.C.; SANTOS, C.A.G.; BRASIL NETO, R.M.; SILVA, R.M.; SANTOS, C.A.C. (2023). "*Precipitation variability using GPCC data and its relation with atmospheric teleconnections in Northeast Brazil*". Climate Dynamics, v. 61, 5035–5048.

USDM. (2026). United States Drought Monitor. University of Nebraska-Lincoln. Disponível em: https://droughtmonitor.unl.edu/. Acesso em: 20 mai. 2026.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro concedido por meio dos Processos nº 409800/2022-8 e nº 443905/2023-1.