

### PROPOSTA DE APLICATIVO MÓVEL PARA MONITORAMENTO AMBIENTAL COM BIOINDICADORES NO RIO SÃO FRANCISCO - NORDESTE DO BRASIL

**Astrid Merlon da Silva<sup>4</sup>;**

<sup>1</sup>Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Juazeiro, Bahia.

<https://lattes.cnpq.br/0720582948096231>

**Noely Fabiana Oliveira de Moura<sup>2</sup>;**

<sup>2</sup>Fundação Osvaldo Cruz (FIOCRUZ), Distrito Federal, Brasília.

<http://lattes.cnpq.br/9083829606714038>

**Rafael Jorge Do Prado<sup>3</sup>;**

<sup>3</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/9799225478319625>

**Leones Filipe Odilon da Silva<sup>4</sup>;**

<sup>4</sup>Centro Universitário UniFBV Wyden (UNIFBV), Camaragibe, Pernambuco.

<https://lattes.cnpq.br/1359552373850640>

**Aluisio Sampaio Neto<sup>5</sup>;**

<sup>5</sup>Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Juazeiro, Bahia.

<http://lattes.cnpq.br/6243665066459039>

**Claudia Elizabeth Rodrigues Galindo<sup>6</sup>;**

<sup>6</sup>Centro Universitário Leonardo da Vinci (UNIASSELVI), Paulo Afonso, Bahia.

<https://lattes.cnpq.br/3920480889459759>

**Maristela Casé Costa Cunha<sup>7</sup>.**

<sup>7</sup>Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Paulo Afonso, Bahia.

<https://lattes.cnpq.br/2064821391086747>

**RESUMO:** Este trabalho apresenta uma proposta metodológica para o desenvolvimento do Protocolo de Bioindicadores Macroscópicos Digital (PBMD-App), aplicativo móvel voltado ao biomonitoramento participativo de alterações ecotoxicológicas compatíveis com a exposição a agrotóxicos no Rio São Francisco, especificamente na Bacia do Reservatório de Itaparica, Nordeste do Brasil. A região enfrenta contaminação crescente por glifosato e organofosforados, provenientes de cultivos intensivos de manga, uva e goiaba, que

onem as comunidades ribeirinhas dependentes de pesca artesanal e agricultura familiar. O monitoramento laboratorial convencional, realizado por cromatografia gasosa/espectrometria de massas (CG/EM) ou HPLC-UV, é economicamente inacessível para o perfil dessas propriedades rurais. A proposta integra quatro bioindicadores macroscópicos regionalmente validados — minhocas, anfíbios anuros, larvas de Odonata e aguapés — a uma arquitetura digital com interface iconográfica e suporte por voz em português nordestino, reconhecimento de imagem por inteligência artificial (TensorFlow Lite) e geração de relatórios georreferenciados. O protocolo de campo prevê execução em aproximadamente 18 minutos, com baixíssimo custo operacional, viabilizando sua adoção por agricultores com baixa escolaridade. A fundamentação do aplicativo ancora-se em design science research e em literatura ecotoxicológica regional. O PBMD-App, ainda em fase de desenvolvimento e validação, representa uma alternativa tecnológica promissora para democratizar a vigilância ambiental participativa e subsidiar políticas públicas de gestão hídrica no São Francisco.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ecotoxicologia participativa. Aplicativo Móvel de Ecotoxicologia Participativa. Indicadores Biológicos de Pesticidas.

## **PROPOSAL OF A MOBILE APPLICATION FOR ENVIRONMENTAL MONITORING WITH BIOINDICATORS IN THE SÃO FRANCISCO RIVER - NORTHEAST BRAZIL**

**ABSTRACT:** This work presents a methodological proposal for developing the Digital Macroscopic Bioindicators Protocol (PBMD-App), a mobile application aimed at participatory biomonitoring of ecotoxicological changes compatible with pesticide exposure in the São Francisco River, specifically in the Itaparica Reservoir Basin, Northeast Brazil. The region faces growing contamination by glyphosate and organophosphates from intensive mango, grape, and guava crops, threatening riparian communities dependent on artisanal fishing and family farming. Conventional laboratory monitoring via gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS) or HPLC-UV is economically inaccessible for these rural properties. The proposal integrates four regionally validated macroscopic bioindicators—earthworms, anuran amphibians, Odonata larvae, and water hyacinths—with a digital architecture featuring an iconographic interface and voice support in Northeastern Brazilian Portuguese, image recognition via artificial intelligence (TensorFlow Lite), and georeferenced report generation. The field protocol takes approximately 18 minutes with minimal operational cost, enabling adoption by low-literacy farmers. Grounded in design science research and regional ecotoxicological literature, the PBMD-App (under development and validation) offers a promising technological alternative to democratize participatory environmental surveillance and support public water management policies in the São Francisco.

**KEY-WORDS:** Participatory Ecotoxicology. Participatory Ecotoxicology Mobile App. Pesticide Bioindicators.

## INTRODUÇÃO

O Rio São Francisco, conhecido como “Velho Chico”, constitui um dos principais sistemas hidrográficos do Nordeste brasileiro, sustentando populações ribeirinhas, comunidades de pescadores artesanais e propriedades de agricultura familiar ao longo de seus trechos submédio e baixo (BRASIL, 2024). A região da Bacia do Reservatório de Itaparica, compreendendo municípios de Pernambuco e Bahia — entre eles Petrolina, Juazeiro, Floresta, Petrolândia, Rodelas, Glória e Paulo Afonso — apresenta expansão expressiva de cultivos intensivos de manga, uva e goiaba, atividades com histórico documentado de aplicação de agrotóxicos como glifosato, clorpirifós, mancozebe e atrazina (ANDRÉA, 2010).

Pesquisas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) indicam presença de resíduos de agrotóxicos nas águas superficiais do trecho Sobradinho-Xingó, com comprometimento de espécies aquáticas e riscos à saúde das populações dependentes da bacia (EMBRAPA, 2022). Contudo, os métodos analíticos convencionais para monitoramento desses contaminantes — como a cromatografia gasosa associada à espectrometria de massas (CG/EM) e a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC-UV) — apresentam custos elevados por amostra e exigem infraestrutura laboratorial centralizada, o que os torna operacionalmente inviáveis para a realidade da agricultura familiar de base ribeirinha.

Diante desse contexto, bioindicadores macroscópicos emergem como ferramentas de triagem ecotoxicológica de baixo custo. Organismos como minhocas (*Pontosclex corethrurus*), anfíbios anuros (*Physalaemus nattereri*), larvas de Odonata (família Libellulidae) e macrófitas aquáticas (*Pontederia crassipes*) apresentam sensibilidade reconhecida a compostos agrotóxicos e manifestam respostas morfológicas observáveis a olho nu, possibilitando avaliações in situ sem necessidade de equipamentos laboratoriais (BUSS et al., 2016; BUCH, 2010).

A combinação entre biomonitoramento e tecnologias digitais acessíveis, como smartphones com câmeras de alta resolução e aplicativos de inteligência artificial, abre perspectiva promissora para a ciência cidadã aplicada à vigilância ambiental participativa. Com penetração crescente de smartphones em áreas rurais (IBGE, 2025), torna-se tecnicamente viável instrumentalizar agricultores como agentes de coleta de dados ecotoxicológicos, desde que o protocolo seja desenhado com linguagem acessível e fluxo operacional simplificado.

Este capítulo apresenta a proposta metodológica do Protocolo de Bioindicadores Macroscópicos Digital (PBMD-App), descrevendo sua fundamentação ecotoxicológica, arquitetura funcional e o protocolo estruturado de coleta e análise. O trabalho enquadra-se como proposta de desenvolvimento tecnológico e modelo conceitual, cujas etapas de validação empírica em campo estão previstas para fases subsequentes do projeto.

## OBJETIVOS

O objetivo geral desta proposta é desenvolver a arquitetura metodológica e conceitual de um aplicativo móvel — o PBMD-App — para realização de triagem ecotoxicológica participativa, utilizando bioindicadores macroscópicos adaptados à realidade agroecológica da Bacia do Reservatório de Itaparica, Rio São Francisco.

Os objetivos específicos são:

1. Definir um protocolo padronizado de coleta de campo com quatro bioindicadores macroscópicos regionalmente representativos;
2. Estruturar critérios visuais objetivos para classificação de alterações nos bioindicadores, com base em literatura científica regional;
3. Propor a arquitetura funcional do aplicativo, incluindo interface iconográfica com suporte por voz em português nordestino, sistema de pontuação integrada (Alertascore) e geração de relatórios georreferenciados;
4. Discutir o potencial de aplicação do protocolo em monitoramento participativo e em políticas públicas de gestão hídrica;
5. Identificar limitações metodológicas e apontar requisitos para validação empírica futura do protocolo.

## METODOLOGIA

Esta pesquisa caracteriza-se como desenvolvimento tecnológico aplicado, fundamentado no design science research (HEVNER et al., 2004), abordagem metodológica orientada à concepção, desenvolvimento e avaliação de artefatos que respondam a problemas práticos identificados em contextos específicos. O artefato proposto é o PBMD-App, cujas etapas descritas neste capítulo compreendem: (i) delimitação da área e público-alvo; (ii) seleção e padronização dos bioindicadores; (iii) elaboração do protocolo de coleta; (iv) definição dos critérios de análise visual; e (v) proposta de arquitetura do aplicativo. As etapas de teste de campo e validação empírica constituem fases subsequentes, não contempladas neste relato.

### Área de aplicação e público-alvo

A área-alvo da proposta abrange propriedades rurais às margens do Reservatório de Itaparica, cujas coordenadas geográficas centrais situam-se aproximadamente em 9° 06' S e 38° 19' W (BRASIL, 2024). A seleção considera municípios de Pernambuco e Bahia com histórico documentado de uso de agrotóxicos organofosforados e herbicidas em cultivos de fruticultura irrigada. O protocolo foi concebido para aplicação em propriedades de agricultura familiar com bordas ribeirinhas de até 500 metros do curso d'água e disponibilidade de

smartphones com sistema operacional Android e câmera de resolução mínima de 12 megapixels.

## Seleção e padronização dos bioindicadores

Os quatro bioindicadores foram selecionados com base em critérios de: (i) ocorrência comprovada na região semiárida da Bacia do São Francisco; (ii) sensibilidade documentada a agrotóxicos empregados na fruticultura regional; (iii) manifestação de alterações morfológicas observáveis a olho nu; e (iv) viabilidade de coleta por não especialistas. O Quadro 1 sintetiza as espécies, habitats de coleta, quantidade amostral e tempo estimado por bioindicador, com base nas referências ecotoxicológicas utilizadas.

**Quadro 1** – Bioindicadores macroscópicos propostos para o protocolo PBMD-App.

| Bioindicador                              | Espécie                      | Habitat de coleta                         | Quantidade | Tempo | Referência           |
|-------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------|------------|-------|----------------------|
| Minhoca<br><i>Pontoscolex corethrurus</i> |                              | Solo úmido na margem da lavoura (0–20 cm) | 10 ind.    | 3 min | Buch, 2010           |
| Girino                                    | <i>Physalaemus nattereri</i> | Água rasa (<30 cm de profundidade)        | 10 ind.    | 5 min | Kuhn, 2018           |
| Larva de libélula                         | <i>Libellulidae spp.</i>     | Superfície de água com fluxo lento        | 10 ind.    | 4 min | Gonçalves, 2012      |
| Aguapé                                    | <i>Pontederia crassipes</i>  | Bordas flutuantes do rio                  | 10 folhas  | 2 min | Martins et al., 2005 |

**Fonte:** Elaborado pelos autores com base em Buch (2010), Kuhn (2018), Gonçalves (2012) e Martins et al. (2005).

A identificação taxonômica das espécies foi parametrizada com base em guias regionais e literatura científica específica. Ressalta-se que a terminologia “*Pontederia crassipes*” adotada neste protocolo corresponde à revisão taxonômica atual do gênero, historicamente referenciado como *Eichhornia crassipes*, conforme atualização nomenclatural consolidada na literatura de sistemática vegetal. As referências citadas no Quadro 1 empregam a nomenclatura original dos respectivos períodos de publicação.

## Protocolo de coleta

A coleta segue fluxo cronometrado com duração estimada de 18 minutos por ciclo semanal, prevendo amostragem comparativa entre área exposta (até 100 metros do ponto de pulverização) e área controle (a partir de 250 metros, sem aplicação nos 30 dias anteriores). A execução requer apenas smartphone com câmera ( $\geq 12$  MP), tridente para escavação de solo e rede plástica de arrasto, estimando-se custo de material entre R\$ 0 e R\$ 25,00 (\$ 0 USD e \$ 4,85 USD).

O protocolo prevê aplicação pós-pulverização, preferencialmente entre 48 e 72 horas após a última aplicação de agrotóxicos, nos meses de setembro a dezembro, período de estiagem na bacia, com menor interferência de cheias sazonais (julho-agosto). Os dados coletados incluem registro fotográfico e/ou em vídeo dos bioindicadores, geolocalização GPS automática e respostas objetivas a perguntas visuais guiadas pelo aplicativo.

### Escala de avaliação de alterações visuais

Para cada bioindicador, propõe-se uma escala de avaliação de alterações macroscópicas em quatro níveis — Normal, Leve (10–30% dos indivíduos afetados), Moderado (31–60%) e Grave (>60%) —, adaptada de estudos ecotoxicológicos regionais (Quadro 2). Ressalta-se que as alterações observadas devem ser interpretadas como indícios de possível exposição a contaminantes agrícolas, não como diagnóstico analítico direto de contaminante específico, dada a possibilidade de respostas biológicas a múltiplos estressores ambientais (BUSS et al., 2016).

**Quadro 2** – Escala proposta de avaliação de alterações visuais por bioindicador.

| Bioindicador                           | Normal          | Leve (10–30%)           | Moderado (31–60%)             | Grave (>60%)                    |
|----------------------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Minhoca<br>(Buch, 2010)                | Movimento ativo | Lesões isoladas na pele | Lesões múltiplas com secreção | Corpo inchado ou sem movimentos |
| Girino<br>(Kuhn, 2018; Herek, 2018)    | Nado normal     | Cauda encurtada         | Membros extras ou torcidos    | Hemorragia externa visível      |
| Larva de libélula<br>(Gonçalves, 2012) | Nado ativo      | Movimento reduzido      | Abdômen visivelmente dilatado | Imóvel por mais de 30 segundos  |
| Aguapé (Martins et al., 2005)          | Verde uniforme  | Manchas claras isoladas | Necroses em porção da folha   | Mais de 50% da folha necrosada  |

**Fonte:** Elaborado pelos autores com base em Buch (2010), Herek (2017), Kuhn (2018), Gonçalves (2012) e Martins et al. (2005).

### Algoritmo de pontuação (Alertascore) — modelo proposto

O aplicativo calculará um índice composto denominado Alertascore (0–5), baseado na ponderação das alterações registradas nos quatro bioindicadores. O modelo de ponderação proposto é: minhocas (peso 0,35), girinos (0,30), larvas de Odonata (0,25) e aguapés (0,10), refletindo diferenças na sensibilidade relativa e na especificidade ecotoxicológica de cada grupo à exposição por pesticidas, conforme embasamento na literatura (BUSS et al., 2016; ANDRÉA, 2010). Ressalta-se que os pesos atribuídos constituem proposta inicial a ser submetida à validação empírica e à consulta a especialistas em ecotoxicologia, podendo ser ajustados nas fases experimentais subsequentes.

Ao Alertascore resultante, o aplicativo associará recomendações preventivas baseadas em práticas agroecológicas e manejo integrado validados pela EMBRAPA (2022),



como uso de mucuna-preta em casos de exposição por glifosato e implantação de barreiras vegetais de capim vetiver para controle de deriva hídrica.

### **Arquitetura funcional proposta para o PBMD-APP**

O aplicativo será desenvolvido em plataforma Flutter, prevendo funcionamento offline para atender à realidade de conectividade rural intermitente. A interface adotará pictogramas de alta compreensão e orientação por voz em variante regional nordestina, visando acessibilidade a agricultores com baixa escolaridade. O módulo de inteligência artificial (TensorFlow Lite) processará as imagens coletadas localmente no dispositivo, sem necessidade de transmissão de dados em tempo real.

O fluxo funcional previsto organiza-se em cinco etapas sequenciais:

- a) Geolocalização: registro automático de coordenadas GPS com identificação das áreas exposta e controle;
- b) Coleta guiada: orientação passo a passo por vídeo e voz para cada bioindicador;
- c) Análise de imagem: processamento por IA com identificação das alterações morfológicas e cálculo do Alertascore;
- d) Recomendações: geração de lista de práticas preventivas personalizadas ao resultado obtido, com envio opcional ao serviço de extensão rural (EMATER) via protocolo de mensageria;
- e) Relatório: emissão de documento georreferenciado com histórico temporal do monitoramento, em formato compatível com normas técnicas ABNT.

O aplicativo contemplará ainda módulo de registro longitudinal com até 52 semanas de histórico por propriedade, possibilitando análise de tendências temporais e exportação de dados agregados para sistemas de informação ambiental.

### **Aspectos éticos**

A execução das etapas de validação de campo previstas nas fases subsequentes do projeto requerá aprovação pelo sistema CEP/CONEP via Plataforma Brasil, antes do início de qualquer coleta com participação humana. O protocolo adotará coleta não letal de bioindicadores e consentimento livre e esclarecido simplificado, adaptado ao perfil dos participantes.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O PBMD-App encontra-se em fase de desenvolvimento de protótipo funcional. Nesta seção descrevem-se a arquitetura proposta, as capacidades técnicas previstas e o potencial

de aplicação com base na literatura de referência. Os dados quantitativos apresentados referem-se a estimativas fundamentadas em estudos de validação dos bioindicadores e não a resultados obtidos em campo por este protocolo.

**Desempenho previsto do módulo de inteligência artificial**

Com base em estudos de referência sobre modelos de reconhecimento de imagem aplicados a bioindicadores, espera-se que o módulo TensorFlow Lite alcance taxas de acurácia na faixa de 88–92% para identificação de alterações morfológicas nos quatro bioindicadores, após treinamento com base de imagens anotadas por especialistas e validação cruzada. A confirmação dessas estimativas dependerá do processo de curadoria do dataset, da definição das classes de lesão e da divisão treino/validação/teste, etapas a serem detalhadas no protocolo de desenvolvimento do modelo.

Os estudos de base indicam acurácias comparáveis em contextos similares: 92% para classificação de lesões dérmicas em minhocas (BUCH, 2010), 91% para malformações morfológicas em girinos (HEREK, 2017), 89% para imobilidade locomotora em larvas (GONÇALVES, 2012) e 90% para necroses foliares em macrófitas (MARTINS et al., 2005). A replicação dessas taxas no modelo embarcado será objeto de validação específica.

**Comparação metodológica**

O Quadro 3 apresenta comparação qualitativa entre o protocolo proposto e métodos convencionais de monitoramento, com base em parâmetros documentados na literatura. Os valores indicados para o PBMD-App referem-se a estimativas de projeto, sujeitas à confirmação por validação empírica.

**Quadro 3** – Comparação entre o protocolo proposto e métodos convencionais de monitoramento ecotoxicológico.

| Método                       | Tempo                | Custo por amostra (Reais/USD)   | Sensibilida- de estimada | Acessibili- dade rural | Referência         |
|------------------------------|----------------------|---------------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------|
| CG/EM (padrão IBAMA)         | ~15 dias             | R\$ 800–4.500/<br>~US\$ 155–873 | ~99%                     | Muito baixa            | FIOCRUZ, 2024      |
| Bioindicadores manuais       | ~2 horas             | R\$ 40–80/ ~US\$ 7,76–15,52     | ~85%                     | Baixa                  | Andréa, 2010       |
| Macroinvertebra- dos (RAPID) | ~4 horas             | R\$ 150–300/ ~US\$ 29,10–58,20  | ~88%                     | Baixa                  | Buss et al., 2016  |
| PBMD-App (pro- posto)        | ~18 min (es- timado) | R\$ 0–25/ ~US\$ 0–4,85          | 88–92% (pre- visto)      | Alta (previs- ta)      | Protocolo proposto |

**Fonte:** Elaborado pelos autores com base em literatura citada. Valores do PBMD-App são estimativas de projeto sujeitas a validação.



## Potencial de escalabilidade e uso em políticas públicas

A adoção do protocolo em propriedades rurais às margens do Reservatório de Itaparica, com auxílio da rede de extensão rural da EMATER, poderia gerar volume expressivo de dados georreferenciados ao longo do tempo, possibilitando mapeamento participativo de gradientes de alterações ecotoxicológicas na bacia. Esses dados, devidamente tratados e validados, teriam potencial de subsidiar estratégias de gestão hídrica, planos de manejo integrado de pragas e formulação de políticas públicas baseadas em evidências territoriais. Entretanto, a concretização desse potencial depende da realização das etapas de validação de campo, calibração estatística do Alertascore, aprovação ética e formação adequada dos usuários, requisitos que serão abordados nas fases subsequentes do projeto.

## Limitações da proposta

Este trabalho apresenta limitações de seu escopo metodológico: módulo de IA não treinado/validado empiricamente; pesos do Alertascore iniciais/não calibrados; acessibilidade da interface não testada formalmente; sensibilidade/especificidade dos bioindicadores requer bioensaios controlados para contaminantes da Bacia de Itaparica. Variações ambientais naturais (sazonalidade, temperatura da água, disponibilidade alimentar) podem influenciar respostas biológicas, exigindo controles adequados na validação.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Protocolo de Bioindicadores Macroscópicos Digital (PBMD-App) foi proposto como metodologia fundamentada em design science research e literatura ecotoxicológica regional, respondendo aos objetivos específicos: definiu protocolo padronizado com quatro bioindicadores macroscópicos; estruturou critérios visuais objetivos de alterações; propôs arquitetura funcional com interface iconográfica, IA TensorFlow Lite e Alertascore; discutiu aplicações em monitoramento participativo e políticas públicas; identificou limitações metodológicas e requisitos de validação empírica. A integração tecnológica viabiliza execução em 18 minutos com custo mínimo, superando a inacessibilidade de métodos como CG/EM e HPLC-UV para agricultura familiar na Bacia de Itaparica, e também as perspectivas incluem validação de campo piloto, treinamento de IA in situ, teste de usabilidade e aprovação ética CEP/CONEP, confirmando viabilidade do PBMD-App para vigilância ambiental participativa.

## REFERÊNCIAS

ANDRÉA, M. M. O uso de minhocas como bioindicadores de contaminação ambiental por agrotóxicos. **Revista Internacional de Contaminação Ambiental**, v. 26, n. 5, p. 41-55, 2010. Disponível em: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-62362010000500007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-62362010000500007). Acesso em: 23 mar. 2026.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **SNIRH: Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos**. Brasília: ANA, 2024. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/>. Acesso em: 31 mar. 2026.

BUCH, A. C. Pontoscolex corethrurus (Müller, 1857) e Eisenia andrei Bouché, 1972 como bioindicadoras. 2010. **Dissertação (Mestrado em Entomologia)** - UFPR, Curitiba. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/866851/1/Buch.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2026.

BUSS, D. F. et al. Macroinvertebrados aquáticos como bioindicadores no processo de licenciamento ambiental no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v. 6, n. 1, p. 100-113, 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1056404>. Acesso em: 23 mar. 2026.

EMBRAPA. Projeto aponta contaminação da água do rio São Francisco na área da barragem de Sobradinho. **Embrapa**, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1802625/projeto-aponta-contaminacao-da-agua-do-rio-sao-francisco-na-area-da-barragem-de-sobradinho>. Acesso em: 23 mar. 2026.

GONÇALVES, R. C. *Larvas de Odonata como bioindicadores de qualidade ambiental em riachos de cerrado*. 2012. 88 f. **Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais)** - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/13385/1/LavrasOdonataBioindicadores.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2026.

HEREK, J. S. *Glifosato e seus efeitos sobre duas espécies de anfíbios anuros do sul do Brasil*. 2017. **Dissertação (Mestrado em Ecologia)** - Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/1780>. Acesso em: 24 mar. 2026.

HEVNER, A. R. et al. Design science in information systems research. **MIS Quarterly**, v. 28, n. 1, p. 75-105, 2004. Disponível em: Link oficial: <https://aisel.aisnet.org/misq/vol28/iss1/6/>. Acesso: 01 abr. 2026.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua: acesso à internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal. Rio de Janeiro: **IBGE**, 2025. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-pnad-continua-modulo-de-tecnologia-da-informacao-e-comunicacao-2024.html>. Acesso: 01 abr. 2026.

KUHN, E. C. *Efeitos do pesticida atrazina sobre respostas de estresse oxidativo em Physalaemus nattereri*. 2018. **Tese (Doutorado em Ciências Biológicas)** - Universidade Federal do Pampa, Bagé. Disponível em: <https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/riu/4970/1/EU-G%C3%80ANIA%20CARLA%20KUHN.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2026.

MARTINS, A. T. et al. Efeitos do manejo de *Eichhornia crassipes* sobre a qualidade da água. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 6, p. 581-587, jun. 2005. Disponível

em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/5sQ78QjQj6yPpmcFqsxCh9d/>. Acesso em: 24 mar. 2026.

TRINDADE, S. A. R. et al. Desenvolvimento de protocolo metodológico para utilização de anfíbios como bioindicadores ecotoxicológicos da contaminação por agrotóxicos. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2019, Universidade Federal da Fronteira Sul. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <https://portaleventos.uffs.edu.br/index.php/JORNADA/article/download/5330/3794/>. Acesso em: 24 mar. 2026.

UFPel. Bioindicadores ambientais para avaliação de áreas contaminadas com agrotóxicos. Pelotas: **Universidade Federal de Pelotas**, 2025. Disponível em: <https://institucional.ufpel.edu.br/projetos/id/u5086>. Acesso em: 24 mar. 2026. ANDRÉA, M. M. O uso de minhocas como bioindicadores de contaminação ambiental por agrotóxicos. Revista Internacional de Contaminação Ambiental, v. 26, n. 5, p. 41-55, 2010. Disponível em: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-62362010000500007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-62362010000500007). Acesso em: 23 mar. 2026.