



**Cavernas do Brasil**

# Relatório de conclusão da Ação 4.4

**PAN Cavernas do Brasil**

Autores em ordem alfabética:  
Enrico Bernard, Rodrigo Lopes,  
Tiago Silva



**Ação 4.4:** Identificar as lacunas de dados de morcegos, de peixes e de invertebrados restritos a ambientes subterrâneos a partir das áreas identificadas na ação 4.2.

**Produto:** Base de dados e mapas.

**Resultado esperado:** Mapa de áreas prioritárias para realização de inventários de morcegos, peixes e invertebrados restritos aos ambientes subterrâneos nas áreas identificadas na ação 4.2

**Colaboradores:** Enrico Bernard (UFPE), Rodrigo Lopes (UFLA), Tiago Silva (CECAV)

**Prazo:** agosto de 2027

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| INTRODUÇÃO.....             | 1 |
| METODOLOGIA.....            | 3 |
| RESULTADO e DISCUSSÃO ..... | 9 |

## INTRODUÇÃO

O Plano de Ação Nacional para Conservação (PAN) de Cavernas do Brasil foi elaborado em 2021 por meio de encontros virtuais e uma oficina presencial que contou com 25 participantes de 14 instituições, entre pesquisadores, especialistas, terceiro setor e instituições públicas. Esse PAN tem abrangência nacional e possui como alvos de conservação, além do patrimônio espeleológico associado às cavidades naturais subterrâneas, 169 espécies ameaçadas de extinção constantes da Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção. O objetivo geral do PAN Cavernas do Brasil é prevenir, reduzir e mitigar os impactos e danos antrópicos sobre o patrimônio espeleológico brasileiro, espécies e ambientes associados, em cinco anos. Como desdobramento deste objetivo foram estipulados quatro objetivos específicos:

1. Prevenção e redução dos impactos das atividades e empreendimentos efetiva ou potencialmente poluidores ou degradadores do patrimônio espeleológico brasileiro.
2. Prevenção e redução dos danos oriundos do uso desordenado e restauração do patrimônio espeleológico brasileiro e ambientes associados.
3. Promoção da sustentabilidade nos usos turístico, desportivo, científico, educativo e cultural do patrimônio espeleológico.
4. Ampliação, divulgação e disseminação do conhecimento técnico científico e valorização do patrimônio espeleológico brasileiro e ambientes associados.

No âmbito do objetivo específico nº 4, tem-se a ação 4.4 que foi definida como: Identificar áreas prioritárias para ações de prospecção e inventário sobre o patrimônio espeleológico. Como resultado desta ação espera-se obter um mapa de áreas prioritárias para prospecção utilizado nas expedições para prospecção de cavernas.

O desenvolvimento da Ação 4.4 iniciou-se em julho de 2024. A equipe de elaboração foi composta por três membros, sendo um analista ambiental do CECAV e dois professores de universidades federais (UFLA e UFPE).

Durante a primeira reunião identificou-se a necessidade de ajustar a redação dos resultados esperados da Ação 4.4. Uma sugestão de redação foi levada para monitoria

de outubro de 2024 que aprovou o seguinte texto: “Mapa de áreas prioritárias para realização de inventários de morcegos, peixes e invertebrados restritos aos ambientes subterrâneos nas áreas identificadas na ação 4.2.” Foram realizadas mais duas reuniões, nas quais foram discutidas abordagens metodológicas, disponibilidades de dados e limitações de uso do produto a ser gerado. A metodologia adotada e os resultados obtidos podem ser verificados a seguir.

## METODOLOGIA

Neste estudo, considerou-se como 'lacunas de inventário biológico' as regiões onde a informação sobre a presença de espécies é escassa ou inexistente. Para identificar essas áreas, mapeou-se os locais onde já existem registros e, em seguida, comparou-se esses dados com a área total de estudo e identificamos as regiões que ainda não foram amostradas.

Este trabalho partiu de duas fontes de informação principais: 1) as áreas prioritárias para prospecção espeleológica da ação 4.2; e 2) a lista de espécies contempladas no PAN Cavernas do Brasil.

As áreas prioritárias para prospecção espeleológica da ação 4.2 foram consideradas como delimitadoras da área de estudo. A partir delas gerou-se uma grade de células de aproximadamente 10 km de aresta que foi utilizada como base para produção das demais camadas. A resolução de 10x10km foi considerada adequada pelos seguintes motivos: 1) evita-se de trazer ruídos de informação ou uma falsa sensação de precisão quando comparado a resoluções maiores, 1x1km, por exemplo; 2) é uma resolução já adotada em outros trabalhos que envolvem priorização espacial (ex: modelagens de nicho ecológico ou distribuição potencial para os Planos de Redução de Impactos); 3) permite a operacionalização computacional no processamento dos dados.

As camadas de informação biológica já existente foram geradas a partir da lista de espécies contempladas neste PAN, cujos registros de ocorrências foram obtidos no módulo público do Sistema de Avaliação do Risco de Extinção (SALVE/ICMBio).

Os procedimentos metodológicos descritos a seguir podem ser visualizados no infográfico na Figura 1.



A produção de *kernel* de densidade de pontos foi a metodologia escolhida para interpolar a informação pontual dos registros de ocorrência das espécies na área de estudo. O *kernel* de densidade cria uma camada matricial (*raster*) com valores mais altos em locais com maior densidade de pontos, que vão decrescendo à medida que se afasta dos pontos, tendo como limite de afastamento o raio de busca ou influência.

A densidade *kernel* é prevista em um novo local (x,y) é determinada pela seguinte fórmula:

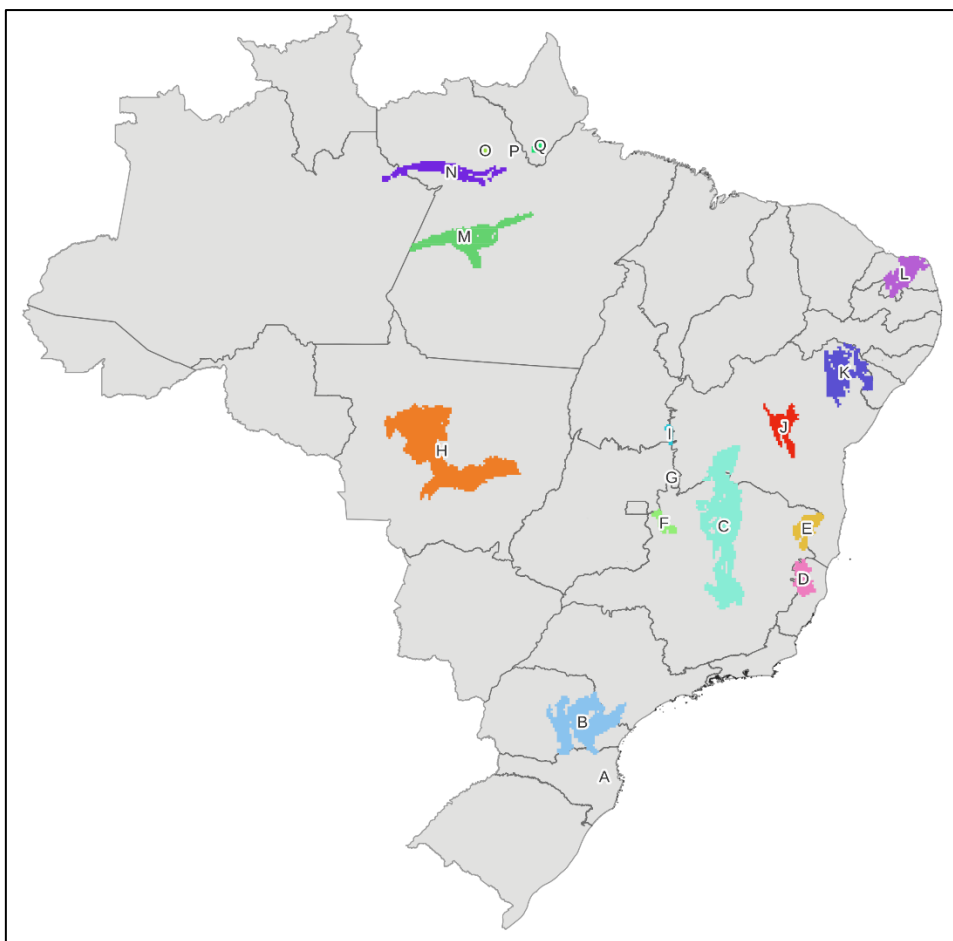
$$Densidade = 1 \frac{1}{(raio)^2} \sum_{i=1}^n \left[ \frac{3}{\pi} \cdot pop_i \left( 1 - \left( \frac{dist_i}{raio} \right)^2 \right)^2 \right], \text{ para } dist_i < raio$$

Onde:

- $i = 1, \dots, n$  são os pontos de entrada. Apenas inclui pontos na soma se eles estiverem dentro da distância do raio do local (x,y).
- $pop_i$  é o valor do campo de população do ponto  $i$ , que é um parâmetro opcional.
- $dist_i$  é a distância entre o ponto  $i$  e o local (x,y).

O raio de busca foi calculado a partir das médias das distâncias entre os pontos subtraído ou somado da média dos desvios padrão ( $Raio = \bar{X} \pm \bar{X} \sigma$ ). Este raio foi calculado por grupo taxonômico (invertebrados, morcegos e peixes) por conjunto contínuo de áreas prioritárias para prospecção espeleológica (Figura 2). Os valores dos raios de busca podem ser conferidos na Tabela 1.





*Figura 2 -Conjuntos de célula contínuas de áreas prioritárias para prospecção espeleológica.*

*Tabela 1 - Tabela com valores de raio de busca calculados por grupo taxonômico e por conjunto de células contínuas de áreas prioritárias para prospecção espeleológica. Valores expressos em metros. Raios utilizados destacados em verde.*

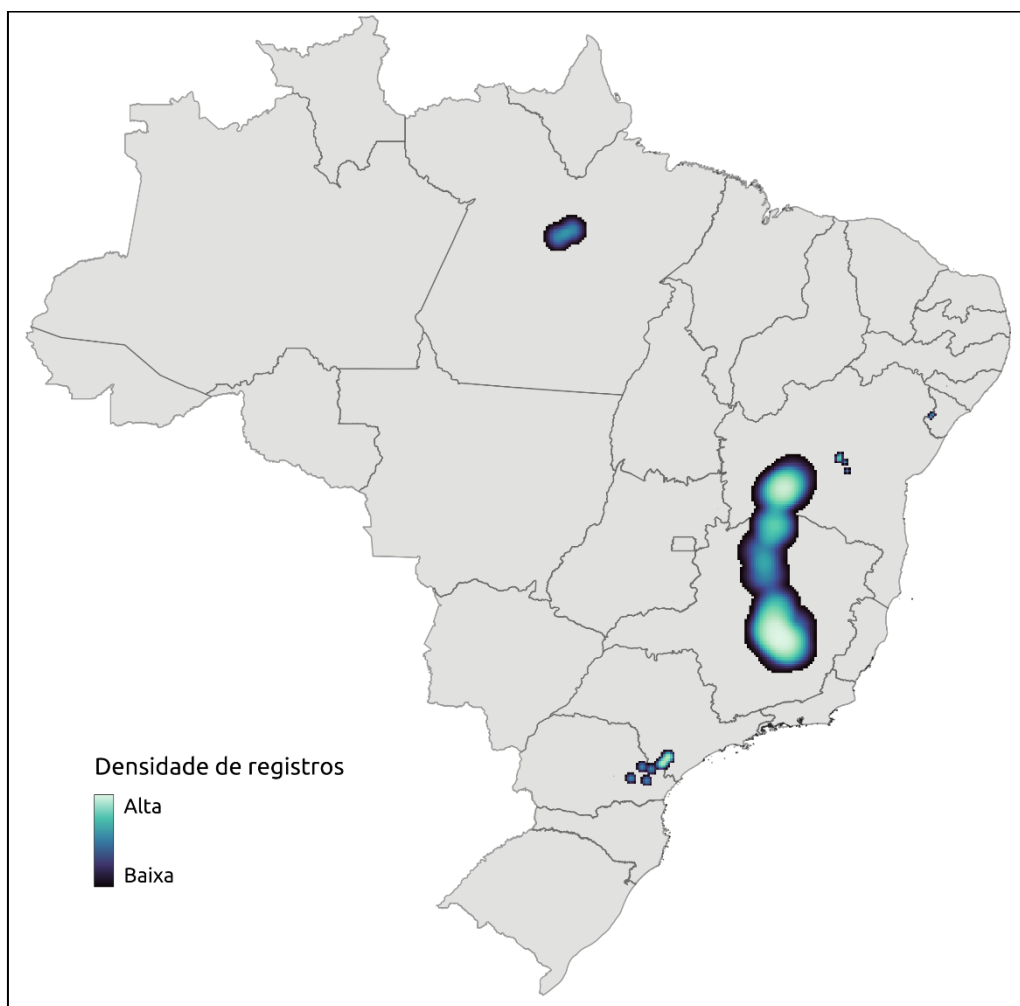
| <b>Táxon</b>  | <b>Conjunto</b> | <b>Distância Média</b> | <b>Desvio Padrão</b> | <b>Raio mín</b> | <b>Raio máx</b> |
|---------------|-----------------|------------------------|----------------------|-----------------|-----------------|
| Morcegos      | B               | 17.499,26              | 16.786,31            | 712,95          | 34.285,57       |
| Morcegos      | C               | 240.614,38             | 170.052,99           | 70.561,40       | 410.667,37      |
| Morcegos      | G               | 0,00                   | 0,00                 | 0,00            | 0,00            |
| Morcegos      | H               | 0,00                   | 0,00                 | 0,00            | 0,00            |
| Morcegos      | I               | 13.430,62              | 8.439,12             | 4.991,50        | 21.869,74       |
| Morcegos      | L               | 52.016,46              | 37.421,73            | 14.594,73       | 89.438,19       |
| Morcegos      | M               | 0,00                   | 0,00                 | 0,00            | 0,00            |
| Invertebrados | A               | 0,00                   | 0,00                 | 0,00            | 0,00            |
| Invertebrados | B               | 67.692,00              | 40.687,25            | 27.004,75       | 108.379,25      |
| Invertebrados | C               | 335.129,17             | 222.651,02           | 112.478,15      | 557.780,19      |
| Invertebrados | J               | 31.424,36              | 16.733,92            | 14.690,45       | 48.158,28       |
| Invertebrados | K               | 13.975,63              | 0,00                 | 13.975,63       | 13.975,63       |
| Invertebrados | M               | 66.898,48              | 0,00                 | 66.898,48       | 66.898,48       |
| Peixes        | B               | 6.572,39               | 4.835,82             | 1.736,57        | 11.408,21       |
| Peixes        | C               | 105.694,84             | 69.547,25            | 36.147,58       | 175.242,09      |
| Peixes        | G               | 0,00                   | 0,00                 | 0,00            | 0,00            |
| Peixes        | J               | 34.978,87              | 30.451,20            | 4.527,67        | 65.430,08       |

Um *kernel* de densidade por grupo taxonômico (invertebrados, morcegos e peixes) por conjunto contínuo de áreas prioritárias para prospecção espeleológica foi gerado com seu respectivo raio de busca (Tabela 1). Os *rasters* resultantes de cada grupo taxonômico foram unidos em um mosaico e os valores dos pixels padronizados para variarem de 0 a 1 (valor do pixel/máximo (valor de pixel)). Estes três *rasters*, um para cada grupo taxonômico foram somados e, novamente, padronizados para variarem de 0 a 1 (valor do pixel/máximo (valor de pixel)), de forma que valores mais próximos de 1 apresentam maior densidade de registros de ocorrência conhecidos, e locais com valores mais próximos de 0 têm menor densidade de registros de ocorrência conhecidos e, por isso, devem ser mais prioritários para realização de inventários biológicos. Por fim, o *raster* resultante da somatória dos *kernel* foi recortado pelo limite da área de estudo.

## RESULTADO e DISCUSSÃO

### ***Invertebrados***

O *kernel* de densidade de pontos de ocorrência de invertebrados mostra maior concentração de registros no quadrilátero ferrífero em Minas Gerais estendendo-se na direção norte, passando pela região do vale do rio Peruaçu até o sudoeste da Bahia. A região de Carajás, no Pará, o Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR) e a região de divisa de São Paulo com Paraná são outros núcleos que se sobressaem.



## **Peixes**

O *kernel* de densidade de pontos de ocorrência de peixes mostra três núcleos principais de concentração de registros: 1) na região central da Bahia, 2) no sudoeste da Bahia e 3) na região do vale do rio Peruaçu no norte de Minas Gerais.



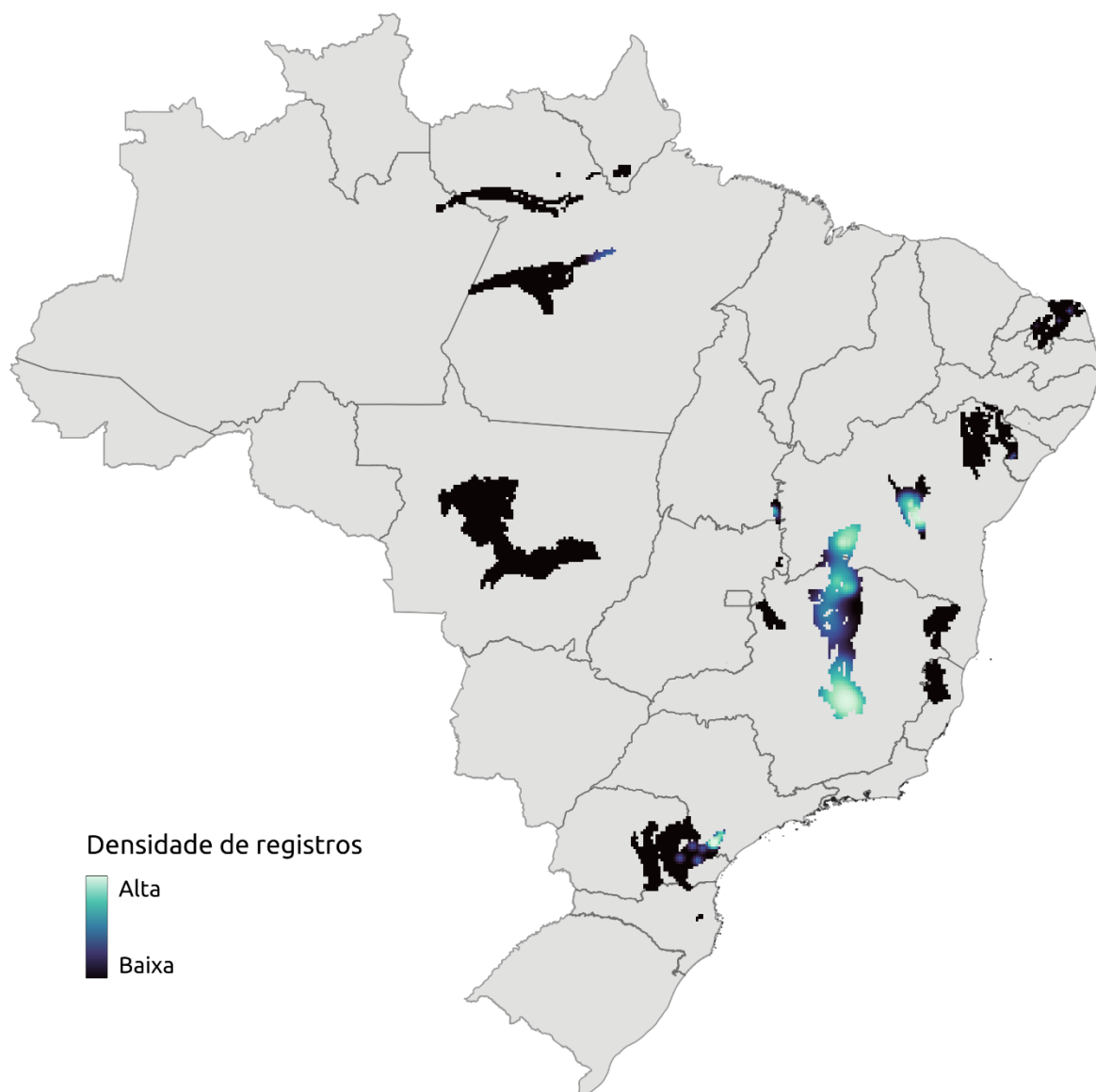
## **Morcegos**

As três regiões que mais se destacam do *kernel* de densidade de pontos de ocorrência de morcegos são: 1) vale do rio Peruaçu no norte de Minas Gerais, 2) a região central de Minas Gerais e 3) a região do PETAR em São Paulo.



**Mapa de áreas prioritárias para realização de inventários de morcegos, peixes e invertebrados restritos aos ambientes subterrâneos nas áreas identificadas na ação 4.2**

De maneira geral observa-se que há uma grande concentração de registros de ocorrência no eixo São Paulo, Minas Gerais e Bahia. Mas, principalmente em Minas Gerais, o que pode ser explicado pelo alto número de cavernas cadastradas (mais de 10 mil). Mas também pela tendência de concentração de esforço amostral em áreas que têm acesso mais fácil por rodovias e estão mais próximas dos grandes núcleos acadêmicos das regiões sudeste e sul.



Importante destacar que o resultado desta ação é dependente do resultado da Ação 4.2 que determinou as áreas prioritárias para prospecção espeleológica baseando-se em indicações de áreas por meio de questionário eletrônico e, por isso, possui um componente subjetivo intrínseco. Semelhante à ação 4.2, o mapa resultante desta ação 4.4, não esgota o tema lacunas de inventário biológicos em ambientes subterrâneos. Deste modo, este mapa pode ser reeditado em um novo ciclo do PAN diante de novas informações subsidiárias.

O mapa resultante desta ação deve ser utilizado como balizador para planejamentos de inventários em escala regional. Além disso, é imprescindível que outras camadas com informações geológicas, geomorfológicas e espeleológicas sejam usadas como subsídios a um planejamento de inventários biológicos em ambientes subterrâneo em escala local. Dentre estas outras camadas, ressalta-se as novas cavernas que serão cadastradas como resultado da ação 4.3, constituindo uma outra camada de interesse neste planejamento.