



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - UEMA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - CCA  
CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

**ANTONIA EDILAILA PESTANA MOREIRA**

**DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DE DUAS NOVAS ESPÉCIES DE  
OLIGOQUETAS (Annelida: Crassicitellata) DA RESERVA BIOLÓGICA DO  
GURUPI – MARANHÃO, BRASIL**

SÃO LUÍS – MA  
2026.1

**ANTONIA EDILAILA PESTANA MOREIRA**

**DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DE DUAS NOVAS ESPÉCIES DE  
OLIGOQUETAS (Annelida: Crassiclitellata) DA RESERVA BIOLÓGICA DO  
GURUPI – MARANHÃO, BRASIL**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao Curso de Agronomia  
Bacharelado do Centro de Ciências  
Agrárias da Universidade Estadual do  
Maranhão, como requisito para obtenção do  
título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. PhD. Guillaume Xavier  
Rousseau

Coorientador: Dr. Luís Manuel Hernández  
García

SÃO LUÍS – MA

2026.1

**ANTONIA EDILAILA PESTANA MOREIRA**

**DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DE DUAS NOVAS ESPÉCIES DE  
OLIGOQUETAS (Annelida: Crassiditellata) DA RESERVA BIOLÓGICA DO  
GURUPI – MARANHÃO, BRASIL**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao Curso de Agronomia  
Bacharelado do Centro de Ciências  
Agrárias da Universidade Estadual do  
Maranhão, como requisito para obtenção do  
título de Engenheira Agrônoma.

Aprovado em: 03 / 07 / 2026

Documento assinado digitalmente  
 **GUILLAUME XAVIER ROUSSEAU**  
Data: 03/08/2026 16:03:58-0300  
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

---

**Prof.º Dr. Guillaume Xavier Rousseau (Orientador)**  
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

Documento assinado digitalmente  
 **CAMILA PINHEIRO NOBRE**  
Data: 20/07/2026 18:15:35-0300  
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

---

**Prof.ª Dra. Camila Pinheiro Nobre**  
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA  
1º Examinador

Documento assinado digitalmente  
 **ESTER AZEVEDO DO AMARAL**  
Data: 22/07/2026 11:16:44-0300  
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

---

**Prof.ª Dra. Ester Azevedo do Amaral**  
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA  
2º Examinador

Moreira, Antonia Edilaila Pestana.

Descrição morfológica de duas novas espécies de oligoquetas (Annelida: Crassiclittellata) da Reserva Biológica do Gurupi – Maranhão, Brasil / Antonia Edilaila Pestana Moreira. – São Luís, 2026.

54 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Curso de Agronomia Bacharel, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), São Luís, 2026.

Orientador: Prof. Dr. Guillaume Xavier Rousseau.

Coorientador: Dr. Luís Manuel Hernández García.

1. Fauna edáfica. 2. Minhocas neotropicais. 3. Taxonomia. 4. Conservação. I. García, Luís Manuel Hernández. II. Título.

CDU: 595.142:574.4

### ***Dedico***

*A Deus, por Sua infinita graça, misericórdia e fidelidade, que me sustentaram em todos os momentos desta caminhada. Aos meus pais, pelo amor incondicional, incentivo, companheirismo e por nunca medirem esforços para que eu alcançasse meus objetivos. E a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste sonho, minha eterna gratidão.*

## AGRADECIMENTOS

"Porque eu bem sei os pensamentos que tenho a vosso respeito, diz o Senhor; pensamentos de paz e não de mal, para vos dar o fim que esperais." Jeremias 29:11.

A Deus, meu Senhor, o Supremo Autor da Vida, que, com Seu infinito amor e misericórdia, me fez chegar até aqui;

Aos meus pais, Luiz Fernando Oliveira Moreira e Maria do Carmo Carvalho Pestana, pelo amor incondicional, pelas renúncias que fizeram para me proporcionar esta conquista, pelo incentivo constante e por acreditarem em mim, mesmo quando eu mesma deixei de acreditar. Aos meus irmãos, Ediérison Moreira e Luiz Ricardo, por todo o apoio. Esta vitória também é de vocês;

À minha família, em especial aos meus avós maternos, Raimundo Pestana e Maria Amélia de Carvalho (*in memoriam*), e aos meus avós paternos, Pedro Elídio (*in memoriam*) e Valdina Oliveira, desde nova, despertaram em mim o amor pelo campo, pelas plantas e o apreço pelas coisas simples da vida. Obrigada por serem minha base e minha inspiração;

Ao meu namorado, Arthur Thalisson, por todo amor e incentivo durante esta jornada. Obrigada por sempre acreditar em mim.

Aos meus amigos Mariana Veiga, Ilani Pereira, Paulo Eduardo, Jorge Henrique, Samuel Campelo, Rosélia Maciel, Josilene Costa, Isabela Mendes, Gabriele Silva, Andressa Barbizan e a todos que fizeram parte desta caminhada, compartilhando desafios, aprendizados e conquistas, tornando essa trajetória mais leve e significativa.

Aos meus orientadores, Guillaume Xavier Rousseau, Luís Manuel Hernández García e Sandriel Costa Souza, pela orientação, dedicação, paciência e pelos valiosos ensinamentos que contribuíram para minha formação acadêmica e para a realização deste trabalho.

À Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, campus São Luís, ao corpo docente e a todos os profissionais que contribuíram para minha formação.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste sonho. Meu sincero agradecimento por cada incentivo, apoio e contribuição ao longo desta importante etapa da minha vida.

*“Grandes são as obras do Senhor;  
nelas meditam todos os que as apreciam.”*

*Salmos 111:2*

## RESUMO

O solo constitui um dos principais reservatórios de biodiversidade terrestre, abrigando organismos essenciais ao funcionamento dos ecossistemas. Dentre eles, destacam-se os oligoquetas (minhocas), que desempenham papel fundamental na formação do solo. O presente trabalho teve como objetivo descrever morfologicamente duas novas espécies de oligoquetas, *Cryptodrilus sofiae* **sp. nov.** e *Andiorrhinus jamesi* **sp. nov.**, coletados na Reserva Biológica do Gurupi, no Maranhão. Através de análises morfológicas e histológicas, foi possível caracterizar e descrever *Cryptodrilus sofiae* **sp. nov.** por suas glândulas calcíferas com padrões fiordiformes e *Andiorrhinus jamesi* **sp. nov.** por suas glândulas calcíferas lamelares. As espécies demonstraram distribuição restrita e baixa abundância natural, com *Cryptodrilus sofiae* **sp. nov.** encontrado exclusivamente em florestas antigas demonstrando maior dependência de habitats conservados, em contraste, *Andiorrhinus jamesi* **sp. nov.** que foi encontrada em áreas em regeneração pós-incêndio, sugerindo certa resiliência quando a estrutura florestal e a integridade do solo são parcialmente preservadas. A descrição de *Andiorrhinus jamesi* **sp. nov.** reforça a diversidade do subgênero *Turedrilus* no Brasil, enquanto a proposição de *Cryptodrilus* **gen. nov.** destaca a complexidade evolutiva do grupo e a necessidade do uso de técnicas histológicas refinadas para a distinção taxonômica precisa. Em suma, este estudo amplia o conhecimento taxonômico sobre minhocas e reforça a importância da conservação da Reserva Biológica do Gurupi.

**Palavras-chave:** fauna edáfica; minhocas neotropicais; taxonomia; conservação.

## ABSTRACT

Soil is one of the main reservoirs of terrestrial biodiversity, harboring organisms that are essential to the functioning of ecosystems. Among them, oligochaetes (earthworms) stand out, playing a fundamental role in soil formation. The objective of this study was to morphologically describe two new species of oligochaetes, *Cryptodrilus sofiae* sp. nov. and *Andiorrhinus jamesi* sp. nov., collected in the Gurupi Biological Reserve in Maranhão. Through morphological and histological analyses, it was possible to characterize and describe *Cryptodrilus sofiae* sp. nov. based on its calciferous glands with fjord-like patterns and *Andiorrhinus jamesi* sp. nov. based on its lamellar calciferous glands. The species exhibited restricted distribution and low natural abundance, with *Cryptodrilus sofiae* sp. nov. found exclusively in old-growth forests, demonstrating greater dependence on conserved habitats; in contrast, *Andiorrhinus jamesi* sp. nov. was found in areas undergoing post-fire regeneration, suggesting a certain resilience when forest structure and soil integrity are partially preserved. The description of *Andiorrhinus jamesi* sp. nov. reinforces the diversity of the subgenus *Turedrilus* in Brazil, while the proposal of *Cryptodrilus* gen. nov. highlights the evolutionary complexity of the group and the need for refined histological techniques for precise taxonomic distinction. In short, this study expands our taxonomic knowledge of earthworms and underscores the importance of conserving the Gurupi Biological Reserve.

**Keywords:** edaphic fauna; neotropical earthworms; taxonomy; conservation.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Mapa da localização geográfica da Reserva Biológica do Gurupi, localizada no Município Centro Novo do Maranhão. .... 21
- Figura 2**– Registro da área de coleta na Reserva Biológica do Gurupi: (A) floresta conservada; (B) regeneração florestal pós-pasto; e (C) regeneração florestal pós-fogo. .... 22
- Figura 3** – Representação do delineamento experimental bi-fatorial. O estudo compreende três ambientes (pós-pasto, pós-fogo, floresta conservada) e duas condições topográficas (alta, baixa), com três réplicas por tratamento, totalizando 18 unidades experimentais. .... 23
- Figura 4** – Representação esquemática do delineamento experimental para coleta de oligoquetos. A) Distribuição das três sub-parcelas de forma intercalada na diagonal da parcela principal. B) Processo de extração do monólito de solo (25 × 25 cm) com separação das camadas de liteira, 0-10 cm e 10-20 cm. C) – Detalhe da amostragem semi-quantitativa em área de 1 m<sup>2</sup> na sub-parcela central. .... 24
- Figura 5** – Etapas iniciais do processo de identificação taxonômica das minhocas. (A) Limpeza dos espécimes; (B) dissecação para exposição dos órgãos internos; e (C) visualização das estruturas internas sob microscópio estereoscópico. .... 25
- Figura 6** - *Cryptodrilus sofiae* **sp. nov.** (holótipo). (A) Vista ventral do clitelo e dos tubérculos purbetárias. (B) Vista distal das cerdas genitais intraclitelar do segmento 21. (C) Vista distal das cerdas genitais pós-clitulares comuns do segmento 35. (D) Vista dorsal das glândulas calcíferas nos segmentos 8 e 9. (E–F) Glândula calcífera do segmento 7 em cortes transversais e sagitais, respectivamente. (G) Glândula calcífera do segmento 8 em corte transversal. (H–I) Glândula calcífera do segmento 9 mostrando o apêndice ectal e uma seção através da região A–B. (J) Glândula calcífera do segmento 9 em seção transversal. (K) Nefrídio pós-clitelar. (L) Vista dorsal da espermateca direita do segmento 9. .... 27
- Figura 7** – *Andiorrhinus jamesi* **sp. nov.** (holótipo). (A) Vista ventral do clitelo e dos tubérculos purbetárias. (B) Seta genital intraclitelar do segmento 21. (C) Vista distal das setas pós-clitulares comuns do segmento 37. (D) Glândula calcífera do segmento 9, mostrando o apêndice ectal e uma seção através da região média. (E–G) Glândula calcífera dos segmentos 7–9 em seção transversal. (F1–F2) Glândula calcífera do segmento 8 em seção tangencial e sagital ao longo dos planos A–B e C–D, respectivamente. (H) Nefrídio pós-clitelar. (I) Vista dorsal da espermateca direita dos segmentos 8 e 9. .... 31
- Figura 8** – Ocorrência de duas espécies raras de minhocas em diferentes micro-habitats e tipos de uso do solo na Reserva Biológica de Gurupi. *Andiorrhinus jamesi* **sp. nov.** foi registrada em áreas de regeneração pós incêndio em vários micro-habitats, enquanto *Cryptodrilus sofiae* **sp. nov.** foi registrada apenas em floresta primária e exclusivamente sob troncos. As barras indicam o número total de indivíduos (adultos + juvenis) por micro-habitat. .... 36

## SUMÁRIO

|                                                                                      |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                                           | <b>12</b> |
| <b>2. OBJETIVOS.....</b>                                                             | <b>14</b> |
| 2.1 Objetivo Geral.....                                                              | 14        |
| 2.2 Objetivos Específicos.....                                                       | 14        |
| <b>3.REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>                                                    | <b>14</b> |
| 3.1Principais características e classificação de Oligoquetas .....                   | 14        |
| 3.2 Categorias Ecológica e Importância de Oligoquetas.....                           | 15        |
| 3.3 Aspectos taxonômicos dos gêneros <i>Andiorrhinus</i> e <i>Cryptodrilus</i> ..... | 18        |
| 3.4 Métodos de Amostragem .....                                                      | 19        |
| <b>4. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>                                                   | <b>20</b> |
| 4.1 Local de estudo .....                                                            | 20        |
| 4.2 Desenho experimental.....                                                        | 21        |
| 4.3 Coleta de Oligoquetas .....                                                      | 23        |
| 4.4 Identificação das espécies .....                                                 | 24        |
| 4.5 Histologia de minhocas .....                                                     | 25        |
| 4.6 Análise de Dados.....                                                            | 26        |
| <b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                                               | <b>26</b> |
| 5.1 Descrições gerais do Morfotipo 1: <i>Cryptodrilus sofiae</i> sp. nov.....        | 26        |
| 5.2 Descrições gerais do Morfotipo 2: <i>Andiorrhinus jamesi</i> sp. nov.....        | 30        |
| 5.3 Autoecologia e preferência de habitat .....                                      | 34        |
| <b>6. CONCLUSÃO .....</b>                                                            | <b>39</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                                             | <b>40</b> |
| <b>GLOSSÁRIO.....</b>                                                                | <b>47</b> |
| <b>ANEXO – A Tabela complementar.....</b>                                            | <b>53</b> |
| <b>ANEXO – B Tabela complementar (continuação).....</b>                              | <b>54</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

O solo constitui um dos principais reservatórios de biodiversidade terrestre, abrigando uma vasta gama de organismos essenciais para o funcionamento dos ecossistemas (Fan *et al.*, 2023; Guerra *et al.*, 2020). No entanto, as alterações ambientais decorrentes das atividades antrópicas, associadas às mudanças climáticas, têm provocado impactos significativos sobre os ecossistemas terrestres, resultando na degradação dos solos, na perda de biodiversidade e no comprometimento dos serviços ecossistêmicos (Williams *et al.*, 2020; Williams; Smith, 2023; IPCC, 2023). No Brasil, especialmente na região Nordeste, esses processos são intensificados pelas mudanças climáticas e pelo uso inadequado dos recursos naturais, sendo essa região considerada uma das mais suscetíveis aos efeitos da degradação ambiental (Santos, 2021).

Para avaliar os efeitos dessas alterações ambientais, diversos organismos têm sido empregados como bioindicadores, devido à sua sensibilidade às mudanças ambientais (Moreira, 2010). De acordo com Vasconcellos *et al.*, (2013) grandes grupos da macrofauna do solo são utilizados como parâmetros para avaliar tanto processos de manejo como de restauração do solo. Entre os organismos do solo, os anelídeos (Classe Clitellata), conhecidos popularmente como minhocas, desempenham papel fundamental na formação e manutenção da estrutura do solo, influenciando diretamente diversos processos ecológicos (Brown; Domínguez, 2010).

As atividades desses organismos modificam o tamanho, a distribuição, a continuidade dos poros, além de influenciar na capacidade de retenção de água e na estabilidade dos agregados do solo (Lavelle *et al.*, 2006). Sua diversidade e abundância são parâmetros reconhecidos como indicadores de qualidade do solo (Steffen, 2013), portanto, podem dar noções do estado atual dos ecossistemas e de mudanças induzidas aos mesmos, por forças internas e externas (bióticas e abióticas) através do tempo.

Além de sua relevância ecológica, as minhocas desempenham papel fundamental na sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Em sistemas conservacionistas, como o plantio direto, as minhocas podem desempenhar funções atribuídas ao preparo mecânico do solo, contribuindo para a descompactação natural, aumento da infiltração de água, incorporação de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (Bartz *et al.*, 2014). Essa função é especialmente importante nos solos maranhenses, que apresentam baixa

fertilidade natural e alta suscetibilidade à degradação quando submetidos ao manejo inadequado (Macedo, 2018). Nesse contexto, a conservação da biodiversidade edáfica é fundamental para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (Bartz; Brown, 2011)

Apesar de sua importância ecológica e agrícola, grande parte das espécies nativas do Brasil permanece desconhecida para a ciência, especialmente em regiões tropicais pouco amostradas, o que reflete a carência de especialistas dedicados ao estudo desse grupo e a limitada disponibilidade de recursos para pesquisas voltadas à sua diversidade, taxonomia e ecologia (Sousa, 2023). Essa lacuna de conhecimento dificulta a compreensão da biodiversidade edáfica, dos padrões de distribuição das espécies e de suas funções ecológicas nos diferentes ecossistemas brasileiros (Brown e Domínguez 2010).

No estado do Maranhão, os estudos sobre a diversidade de oligoquetas são escassos, embora pesquisas recentes tenham demonstrado o elevado potencial da fauna edáfica local (Sousa, 2023). Hernández-García *et al.*, (2018) descreveram cinco novas espécies, sendo três do gênero *Holoscolex*, e duas do gênero *Andiorrhinus* (*Turedrilus*) na Reserva Biológica do Gurupi, localizada na porção amazônica do estado, ampliando o conhecimento sobre a biodiversidade de oligoquetas na região. Novos registros reforçaram a necessidade de investigações mais detalhadas acerca da identificação e distribuição das espécies presentes nos remanescentes florestais maranhenses (Hernández-García *et al.*, 2024).

Diante desse contexto, torna-se necessária a realização de estudos voltados à coleta, identificação e descrição taxonômica de espécies de oligoquetas em áreas conservadas. Pesquisas dessa natureza contribuem para o preenchimento de lacunas no conhecimento da biodiversidade edáfica na região, auxiliam no desenvolvimento de estratégias de conservação e fortalecem a utilização desses organismos como indicadores da qualidade do solo.

Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo realizar a descrição morfológica de novas espécies de oligoquetas dos gêneros *Andiorrhinus* e *Cryptodrilus* (novo gênero) coletadas na Reserva Biológica do Gurupi - MA, visando ampliar o conhecimento sobre a diversidade de oligoquetas na região amazônica maranhense.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Descrever e caracterizar duas espécies novas de Oligoquetas dos gêneros *Andiorrhinus* e *Cryptodrilus* coletadas na Reserva Biológica do Gurupi

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Obter dados biométricos dos espécimes coletados
- Descrever morfotipos dos espécimes
- Realizar cortes histológicos dos espécimes para auxiliar na descrição
- Produzir informações taxonômicas que subsidiem futuras publicações científicas.

## **3.REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1 Principais características e classificação de Oligoquetas**

Os oligoquetas são invertebrados segmentados pertencentes ao filo Annelida (do latim *annellus*, que significa “pequeno anel”), sendo as minhocas seus representantes mais conhecidos, (Hickman *et al.*, 2021). A maioria dos anelídeos possui minúsculas cerdas quitinosas (do latim *setae*, que significa cabelo ou cerda), são curtas em forma de agulha e auxiliam na fixação dos segmentos durante a locomoção. As cerdas rígidas ajudam a impedir que sejam puxados para fora do seu habitat (Hickman *et al.*, 2008).

Os corpos desses organismos apresentam simetria bilateral, formato cilíndrico, alongado e coberto por uma fina cutícula (Edwards e Bohlen, 1996). O comprimento corporal das minhocas varia amplamente entre as espécies, podendo ir de poucos milímetros a mais de 1 metro. Algumas espécies tropicais de grande porte, conhecidas popularmente como minhocuçus, podem atingir entre 50 e 200 cm de comprimento (Sodrzeieski, 2020).

A extremidade anterior da minhoca é formada pelo prostômio, uma estrutura localizada antes da boca, e a extremidade posterior terminada no pigídio, onde se encontra o ânus (Hernández-García *et al.*, 2021). Uma característica importante é que as espécies são hermafroditas, possuindo órgãos reprodutivos masculinos e femininos no mesmo indivíduo, contudo, a maioria das minhocas não podem se auto-fecundar e por isso

precisam de um outro espécime para a reprodução (Quigley, 1997). O grupo distingue-se pelo desenvolvimento do clitelo quando atingem a maturidade sexual. O clitelo consiste em uma região glandular espessada localizada na porção anterior do corpo, com coloração mais clara que o resto do corpo e desempenha uma importante função no processo reprodutivo, como por exemplo, a nutrição dos embriões até que estes eclodam (Quigley, 1997 Hickman *et al.*, 2008).

Durante muitos anos, esses organismos foram classificados na Classe Oligochaeta, entretanto, com avanços nos estudos filogenéticos e moleculares demonstraram que a Classe Oligochaeta não constitui um grupo monofilético, levando à sua reorganização taxonômica e à inclusão das minhocas na Classe Clitellata, que reúne organismos caracterizados pela presença do clitelo. Atualmente, as minhocas terrestres são classificadas no Domínio Eukarya, Reino Animalia, Filo Annelida, Classe Clitellata e Ordem Crassicitellata (Ruppert *et al.*, 2005; Hickman *et al.*, 2008; Madigan *et al.*, 2010; James e Davidson, 2012).

Nas últimas décadas, o avanço do conhecimento sobre a diversidade de minhocas na Amazônia Oriental tem sido impulsionado por estudos taxonômicos realizados por Luis Manuel Hernández-García e colaboradores. Ao longo dos últimos dez anos, esses pesquisadores têm contribuído para o inventário da fauna de oligoquetas do Maranhão, especialmente na região do Gurupi, por meio da descrição de novas espécies e do registro de ocorrências inéditas para a ciência. Entre as principais contribuições destacam-se a descrição de *Andiorrhinus (Turedrilus) miricuri*, *Andiorrhinus (Turedrilus) barrosoi* (2018), *Atatina arimikuriaka* e *Atatina arimikuritea* (2024), espécies que ampliaram o conhecimento sobre a biodiversidade edáfica amazônica. Além de enriquecer o inventário taxonômico regional, esses estudos têm fornecido informações relevantes sobre a distribuição geográfica, ecologia e conservação das minhocas em ambientes submetidos a intensas transformações antrópicas, evidenciando a importância desses organismos como componentes fundamentais dos ecossistemas do solo (Sousa, 2020).

### **3.2 Categorias Ecológica e Importância de Oligoquetas**

Entre os representantes da macrofauna do solo, os oligoquetas terrestres (Ordem Crassicitellata), conhecidas como minhocas, destacam-se por sua relevância ecológica sendo consideradas engenheiras do ecossistema (Bartz e Brown, 2011; Sousa, 2023).

Ocorrem amplamente em ecossistemas de diferentes regiões do planeta, desde áreas temperadas até ambientes tropicais. No entanto, as comunidades tropicais permanecem menos exploradas em estudos científicos quando comparadas às de regiões temperadas (Lee, 1985; Sousa, 2023).

Por meio de atividades de escavação, formação de túneis e produção de muco e excretas, as minhocas modificam significativamente o solo, influenciando suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Além disso, exercem papel essencial nos processos de decomposição e humificação da matéria orgânica, promovendo a fragmentação e a incorporação da serapilheira na matriz do solo (Lavelle; Pashanasi 1989; Reddy *et al.*, 1997). As galerias e túneis criados pelas minhocas aumentam a porosidade do solo, o que favorece a infiltração e a retenção de água, além de contribuírem significativamente para a ciclagem de nutrientes através da produção de estruturas biogênicas, ricas em nitrogênio, fósforo e cálcio (Blanchart., 1999; Van Groenigen, 2019). Outrossim, estudos realizados por Puga-Freitas *et al.*, (2012) demonstraram que organismos pertencentes a esse grupo podem exercer efeitos hormonais diretos sobre as plantas, influenciando positivamente seu crescimento e desenvolvimento. Esses resultados ampliam compreensão do papel ecológico desempenhado por esses organismos nos ecossistemas terrestres. (Rutgers *et al.*, 2009).

De acordo com a classificação clássica proposta por Bouché (1977), as minhocas podem ser classificadas em três classes principais; epigéicas, endogéicas e anécicas. Essa classificação baseia-se na pigmentação, nos hábitos alimentares e na posição ocupada pelos organismos no perfil do solo (Sousa, 2023).

As minhocas epigéicas habitam predominantemente as camadas superficiais do solo, onde se alimentam de resíduos orgânicos em diferentes estágios de decomposição. Em geral, apresentam pequeno porte, corpo pigmentado e elevada taxa de crescimento e reprodução. Por possuírem aparato muscular pouco desenvolvido para escavação, raramente penetram nas camadas minerais mais profundas do solo, permanecendo associadas ao material orgânico acumulado na superfície. Essas características favorecem sua atuação na fragmentação e decomposição da matéria orgânica, tornando-as amplamente utilizadas em sistemas de compostagem, (Ribeiro *et al.*, 2022). Alguns exemplos de espécies epigénicas são *Atatina arimikuriaka*, *Atatina arimikuritea* (Hernández-García *et al.*, 2024).

As minhocas endogéicas vivem predominantemente nas camadas internas do solo, onde obtêm alimento a partir da matéria orgânica incorporada à matriz edáfica. Em geral, apresentam porte médio e baixa pigmentação, características associadas ao seu hábito subterrâneo. Possuem aparato muscular escavador bem desenvolvido, o que lhes permite construir galerias horizontais e ramificadas. Essas atividades favorecem a mistura dos componentes do solo, melhoram sua estrutura física e desempenham papel fundamental na formação e manutenção da qualidade do ambiente edáfico, (Sousa, 2023; Ribeiro *et al.*, 2022). Nesse grupo estão a maior parcela das espécies de minhocas descritas, incluindo representantes como a *Pontoscolex corethrurus*, *Pontoscolex awa*, *Holoscolex dossantosi*, *Holoscolex fernandoi*, dentre outras (Hernández-García *et al.*, 2021; Sousa *et al.*, 2020).

As minhocas anécicas apresentam características intermediárias entre os grupos epigéico e endogéico. Geralmente possuem grande porte, corpo pigmentado e aparato muscular bem desenvolvido, o que lhes permite construir galerias profundas e permanentes. Essas estruturas favorecem a infiltração de água, a aeração do solo e o transporte de matéria orgânica para camadas mais profundas, como observado em espécies de *Andiorrhinus (Turedrilus) awa*, e *Andiorrhinus (Turedrilus) barrosoi* e *Andiorrhinus (Turedrilus) miricuri* (Sousa *et al.*, 2020).

Apesar de ser amplamente empregada, essa classificação tem sido objeto de revisões recentes. Estudos indicam que as categorias propostas por Bouché devem ser interpretadas como referências ecológicas gerais, uma vez que as espécies podem apresentar combinações de características que as posicionam entre duas ou mais categorias. (Capowiez *et al.*, 2024).

Recentemente foi proposta uma abordagem funcional baseada no comportamento de bioturbação das minhocas, considerando características como a construção de galerias, a movimentação do solo e a incorporação de matéria orgânica. Nessa perspectiva, grupos funcionais como habitantes da serapilheira, bioturbadores superficiais, bioturbadores profundos e escavadores intensivos podem complementar a classificação ecológica tradicional, permitindo uma compreensão mais detalhada das funções desempenhadas pelas minhocas nos ecossistemas. Apesar desses avanços, a classificação de Bouché continua sendo a principal referência para estudos taxonômicos e ecológicos de minhocas (Capowiez *et al.*, 2024).

### 3.3 Aspectos taxonômicos dos gêneros *Andiorrhinus* e *Cryptodrilus*

Na região amazônica, a maioria das espécies nativas de minhocas pertence às famílias Ocnerodrilidae, Glossoscolecidae e Rhinodrilidae (Sousa; Hernández García; Christoffersen, 2020). Algumas espécies da família Ocnerodrilidae não ultrapassam 2 cm de comprimento, como *Wegeneriona belenensis*, podendo ser ainda menores, como *Eukerria taisei* (Righi, 1983; Righi, 1988).

Devido ao reduzido tamanho corporal e à fragilidade de suas estruturas, a dissecação manual frequentemente se torna inviável para a observação dos órgãos internos utilizados na identificação taxonômica. Nesses casos, técnicas histológicas tornam-se indispensáveis, pois permitem a análise detalhada de tecidos e estruturas internas, como o trato digestivo e a disposição dos nefrídios, caracteres essenciais para a identificação em nível de gênero e espécie (Righi et al., 1976; Darmawan et al., 2012).

Entre as famílias registradas para a região amazônica, Rhinodrilidae destaca-se pela complexidade taxonômica, incluindo gêneros amplamente distribuídos, como *Andiorrhinus* Cognetti, 1908. O gênero *Andiorrhinus* compreende um grupo de minhocas caracterizado por atributos morfológicos específicos que, tradicionalmente, o posicionavam na família Glossoscolecidae (Righi, 1985). Entretanto, revisões taxonômicas mais recentes, fundamentadas em análises morfológicas e filogenéticas, passaram a associar esse gênero à família Rhinodrilidae (Misirlioglu et al., 2023). Essa reclassificação reflete os avanços no conhecimento das relações evolutivas de minhocas terrestres neotropicais.

A diagnose original de Cognetti (1908) foi fundamental para a delimitação inicial do gênero, enfatizando a separação de *Andiorrhinus salvadorii* do gênero *Rhinodrilus* pela organização do aparelho genital masculino. Segundo a reavaliação de Righi, (1985), Cognetti observou que *A. salvadorii* não possui vesículas seminais; em vez disso, sua função é desempenhada por lobos pares dos sacos testiculares, localizados nos próprios segmentos dos sacos e não nos adjacentes, como é característico das vesículas seminais típicas.

A partir da década de 1970, Gilberto Righi emergiu como a principal autoridade no estudo do gênero *Andiorrhinus*. Righi (1971), conduziu investigações detalhadas sobre a morfologia interna e externa dessas minhocas, estabelecendo as bases para futuras

revisões. Em 1986, ele publicou uma avaliação abrangente do gênero, que incluiu o reestudo das glândulas calcíferas e a descrição de novas espécies, como *Andiorrhinus bucki* e *Andiorrhinus samuelensis*. O ponto culminante de sua pesquisa ocorreu em 1993, quando Righi propôs uma subdivisão do gênero em quatro subgêneros: *Andiorrhinus* (*Andiorrhinus*), *Andiorrhinus* (*Amazonidrilus*), *Andiorrhinus* (*Meridrilus*) e *Andiorrhinus* (*Turedrilus*). Essa classificação subgenérica foi fundamentada principalmente nas variações do número e da posição dos corações intestinais, permanecendo como um pilar da taxonomia moderna do grupo (Righi, 1986).

No contexto das recentes investigações taxonômicas, este estudo descreve o novo gênero *Cryptodrilus* gen. nov., que se encontra intimamente relacionado aos gêneros *Rhinodrilus* Perrier, 1872 e *Andiorrhinus* Cognetti, 1908. Essa afinidade é evidenciada pela posição das glândulas calcíferas, estruturas responsáveis pela secreção de carbonato de cálcio, desempenhando papel fundamental na neutralização da acidez e na manutenção do pH intestinal (Robertson, 1936; Hodson *et al.*, 2015).

Além de sua importância fisiológica, as glândulas calcíferas constituem um dos principais caracteres diagnósticos utilizados na delimitação genérica dentro da família Rhinodrilidae, uma vez que sua organização varia entre os diferentes gêneros (Righi, 1984). Em *Rhinodrilus*, essas glândulas podem apresentar organização tubular dicotômica ou composta, enquanto em *Andiorrhinus* são tipicamente lamelares (Righi, 1971; Cognetti 1908; Hernández-García *et al.*, 2018). Porém, *Cryptodrilus* **gen. nov.** distingue-se pela presença única de glândulas calcíferas do tipo "fiordo", uma morfologia anteriormente relatada apenas para o gênero *Aptodrilus* Zicsi e Csuzdi, 1988, o qual possui pelo menos cinco pares de glândulas nos segmentos 10–14.

Embora estruturas semelhantes tenham sido descritas, o número e a disposição das glândulas calcíferas constituem a principal justificativa para a proposição deste novo gênero, uma vez que tais caracteres são diagnósticos fundamentais para a delimitação genérica dentro da família Rhinodrilidae.

### 3.4 Métodos de Amostragem

A amostragem de minhocas pode ser realizada por métodos diretos, como a escavação de monólitos e posterior triagem manual dos organismos ou por métodos comportamentais, nos quais as minhocas respondem a estímulos (soluções irritantes,

impulsos elétricos, calor, vibrações) e saem para a superfície do solo (Azevedo *et al.*, 2010). Atualmente, os métodos mais utilizados pelos pesquisadores são a escavação e triagem manual de monólitos, especialmente o método TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility - Anderson e Ingram 1993), que permite quantificar populações da fauna edáfica e, para minhocas grandes, a extração é mediante uso de solução de formol diluído (Zaborski 2003).

Em geral, a triagem de monólitos obtém maior densidade (nº. indivíduos) e biomassa de minhocas na camada amostrada em relação à extração por meios químicos. Dessa forma, constitui o meio de amostragem mais preciso (Bouché; Gardner 1984). Entretanto, as minhocas que habitam camadas inferiores à amostrada podem escapar rapidamente pelos túneis permanentes em direção a camadas mais profundas e não são bem coletadas por este método (Baretta *et al.*, 2007a). Além disso, a retirada de monólitos causa destruição física do solo, e a presença de barreiras físicas como um sistema radicular denso pode torná-lo impraticável (Zaborski 2003, Baretta *et al.*, 2007b).

O método é trabalhoso, necessitando de maior período de tempo e mão de obra para sua conclusão (Nelson; Satchell 1962, Lee 1985). Por essa razão, o método proposto por Decaens *et al.*, (2016) onde permite a combinação entre amostragens quantitativas e qualitativas, incluindo a busca ativa em diferentes micro-habitats, tem sido recomendada para obter uma caracterização mais abrangente da diversidade de minhocas presentes em uma área.

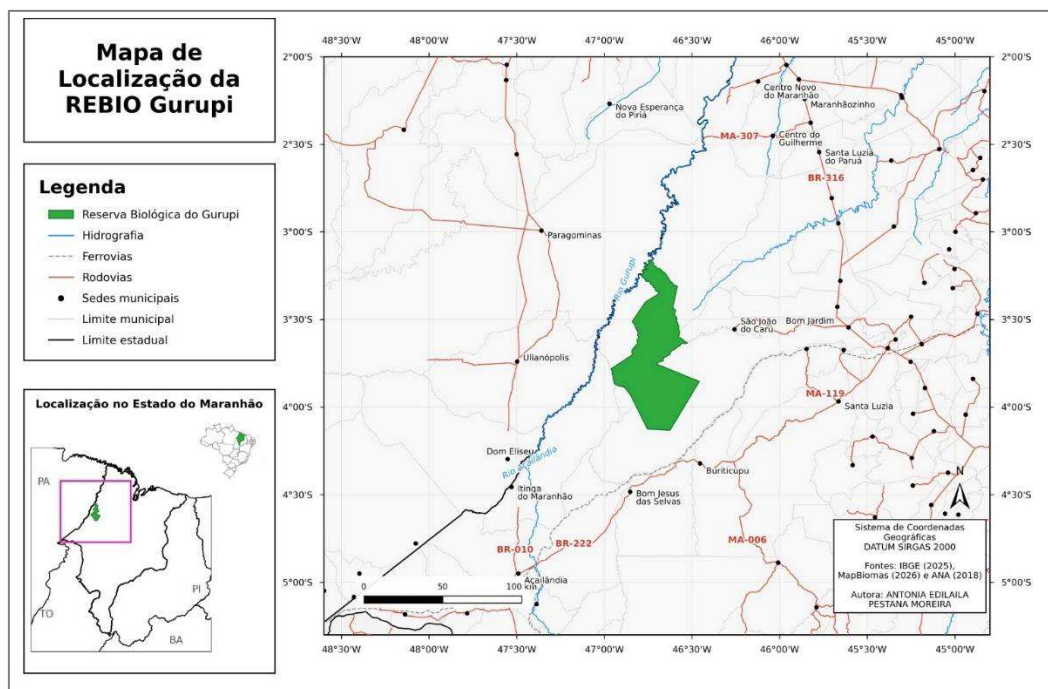
## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Local de estudo**

As espécies identificadas fazem parte do acervo da Coleção de Invertebrados do Solo do Maranhão – CISMA, ligada ao Laboratório de Biologia do Solo da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA. As coletas de minhocas foram realizadas nos anos de 2022 e 2025, na Reserva Biológica do Gurupi (3°46 '21.2'' S; 46° 46' 49.1'' W), situada no município de Centro Novo do Maranhão (fig. 1). A área de estudo apresenta clima tropical úmido (Aw), conforme a classificação climática de Koppen (Alvares *et al.*, 2013). A temperatura média anual da região, com base em dados climatológicos de um

período de 30 anos, varia entre 25,4 °C e 25,9 °C, enquanto a precipitação média anual situa-se entre 1.555 mm e 1.725 mm (Fick; Hijmans, 2017). A área está inserida na formação geológica Itapecuru, com predomínio dos tipos de solo Latossolo Amarelo e Plintossolo (Santos *et al.*, 2011). A topografia é caracterizada por relevo suavemente ondulado (Mapbiomas, 2025), com ocorrência predominante de duas unidades geomorfológicas: terras altas (morros) e terras baixas (baixões). A vegetação nativa corresponde à floresta ombrófila densa (Lima *et al.*, 2014), destacando-se a predominância das famílias botânicas Rutaceae, Leguminosae e Euphorbiaceae (Muniz, 2008). Em novembro de 2015, uma grande parte das florestas conservadas foi afetada por incêndios (Silva Junior *et al.* 2020), seguida de regeneração natural, que coincidiu com o abandono de áreas de pastagem. Consequentemente, em 2022–2023, uma grande parte da área apresentava regeneração em fase inicial de aproximadamente 7–8 anos.

**Figura 1** – Mapa da localização geográfica da Reserva Biológica do Gurupi, localizada no Município Centro Novo do Maranhão.



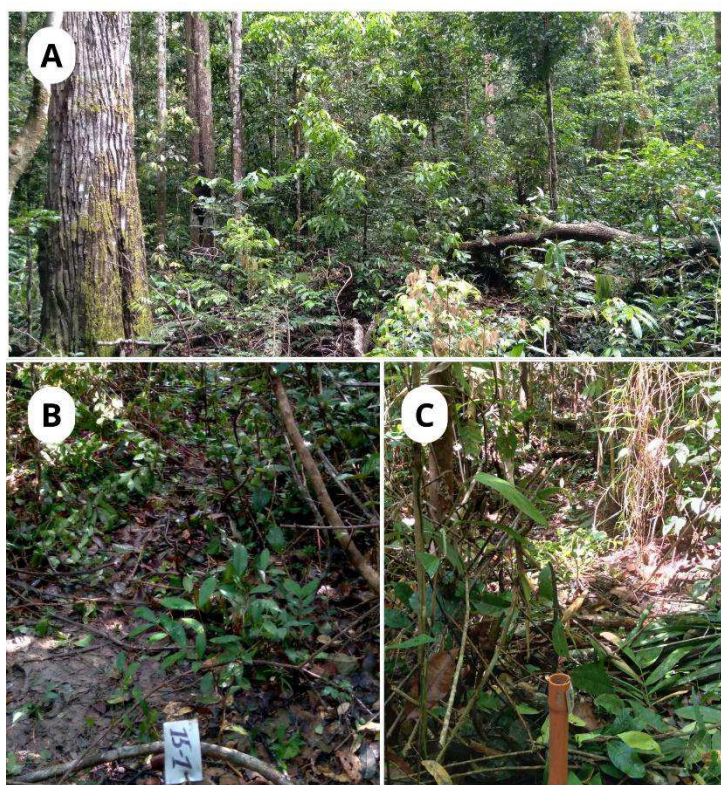
. Fonte: Moreira, A. E. P. (2026).

## 4.2 Desenho experimental

As minhocas foram coletadas no âmbito do Projeto Ecológico de Longa Duração – PELD, instalado na Reserva Biológica do Gurupi. O projeto visa estudar a regeneração

florestal após pasto e após fogo e comparar com florestas conservadas. Assim, o desenho experimental consiste em dois fatores: tipo de vegetação pós-pasto, pós-fogo e floresta conservada (fig. 2) e topografia, alta e baixa. Cada nível de interação possui um tipo de vegetação e topografia, sendo três repetições para um total de 18 parcelas.

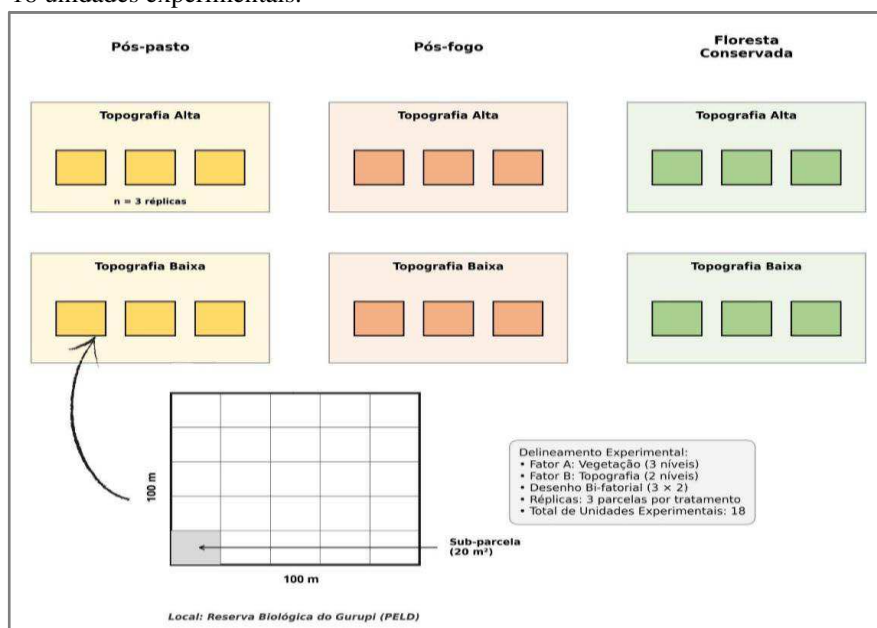
**Figura 2**– Registro da área de coleta na Reserva Biológica do Gurupi: (A) floresta conservada; (B) regeneração florestal pós-pasto; e (C) regeneração florestal pós-fogo.



. Fonte: Rousseau, G. X. (2022-2023).

A definição da área amostrada foi realizada a partir do *shapefile* (formato vetorial de arquivo utilizado por Sistemas de Informações Geográficas contendo dados geoespaciais) de florestas em regeneração no território brasileiro, disponibilizado por Silva Junior *et al.*, (2020). Para a avaliação do efeito da topografia, empregou-se o modelo de Altura em Relação à Drenagem Mais Próxima - HAND com resolução espacial de 30 m (Roy *et al.*, 2024). Em cada categoria florestal, foram estabelecidas parcelas de 10.000 m<sup>2</sup> subdivididas em sub-parcelas de 20 m<sup>2</sup>. A distância mínima entre parcelas foi de 300 m para garantir a independência das amostras. Cada categoria foi avaliada em triplicado, resultando num desenho experimental bi-fatorial (3 × 2) com três réplicas, totalizando 18 parcelas em 2022-2023, reamostradas em 2025 (Fig.3).

**Figura 3** – Representação do delineamento experimental bi-fatorial. O estudo compreende três ambientes (pós-pasto, pós-fogo, floresta conservada) e duas condições topográficas (alta, baixa), com três réplicas por tratamento, totalizando 18 unidades experimentais.

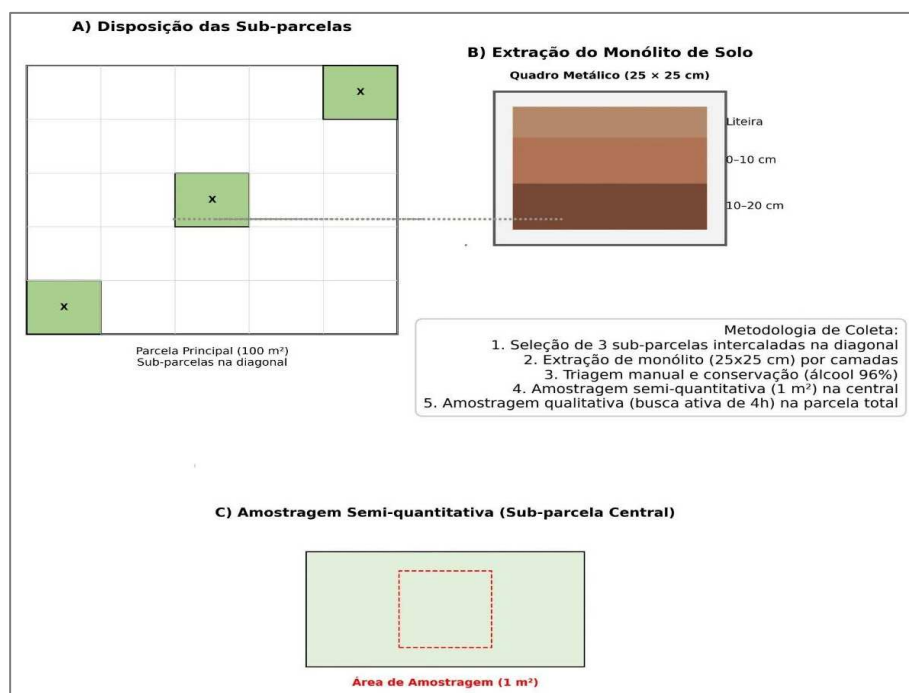


Fonte: Moreira, A. E. P. (2026).

### 4.3 Coleta de Oligoquetas

Para a realização da coleta de minhocas (fig. 4), foram selecionadas três sub-parcelas, dispostas em forma intercalada na diagonal da parcela principal. Em cada sub-parcela, foi extraído um monólito de solo com dimensões de 25 × 25 cm, utilizando-se um quadro metálico que permitiu a separação das camadas do solo: liteira, 0–10 cm e 10–20 cm. As minhocas foram extraídas manualmente de cada camada, fixadas e conservadas em álcool etílico a 96%. Na sub-parcela central, realizou-se uma amostragem semi-quantitativa em uma área de 1 m<sup>2</sup>. Posteriormente, aplicou-se uma amostragem qualitativa (4 horas de busca ativa por pesquisador, com a participação de quatro pesquisadores) em toda a parcela, contemplando todos os micro-habitats potenciais para ocorrência de minhocas, tais como: solo, troncos, base de árvores, fezes de animais, solo epifítico, áreas alagadas, liteira, base de troncos, cupinzeiros e coprólitos (Decaens *et al.*, 2016).

**Figura 4** – Representação esquemática do delineamento experimental para coleta de oligoquetos. A) Distribuição das três sub-parcelas de forma intercalada na diagonal da parcela principal. B) Processo de extração do monólito de solo (25 × 25 cm) com separação das camadas de liteira, 0-10 cm e 10-20 cm. C) – Detalhe da amostragem semi-quantitativa em área de 1 m<sup>2</sup> na sub-parcela central.



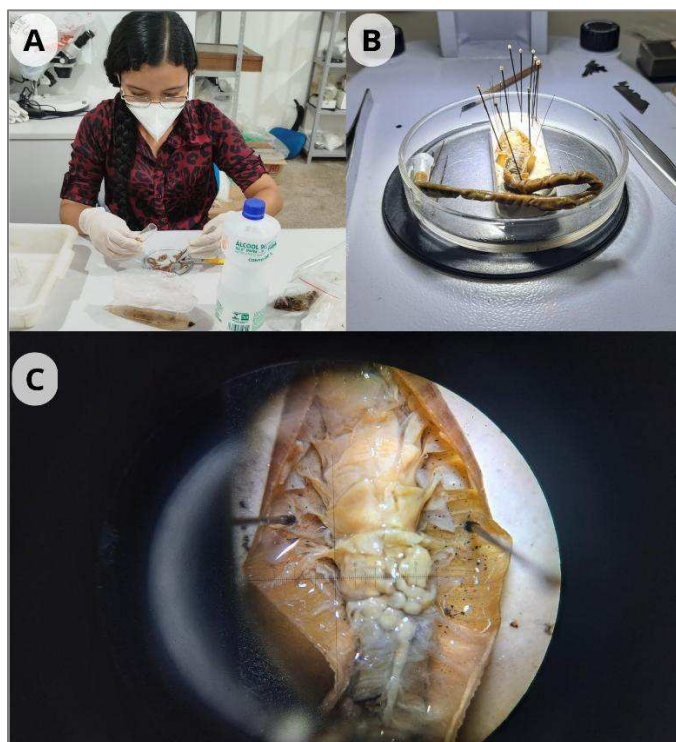
Fonte: Moreira, A. E. P. (2026).

#### 4.4 Identificação das espécies

As minhocas coletadas foram identificadas por meio da taxonomia clássica (fig. 5), utilizando-se de chaves taxonômicas específicas para as espécies ocorrentes na região (Dos Santos *et al.*, 2017; Hernández-García *et al.*, 2018a, 2018b, 2018c; Sousa *et al.*, 2020). A identificação foi realizada em colaboração com um especialista em minhocas da região, o Luis Manuel Hernández García, com base na comparação morfológica dos exemplares adultos, atribuindo os morfotipos às respectivas espécies e gêneros. Os dados resultantes deste processo serão publicados em periódicos científicos especializados.

Para a classificação de *Andiorrhinus*, seguimos os caracteres diagnósticos descritos em Hernández-García *et al.* (2018). Para o diagnóstico do novo gênero, utilizamos a chave de identificação e material complementar para comparar a estrutura da glândula calcífera (Righi, 1995). Os holótipos e parátipos foram depositados na Coleção de Invertebrados do Solo do Laboratório de Biologia do Maranhão, Universidade Estadual do Maranhão (LB\_ANL).

**Figura 5** – Etapas iniciais do processo de identificação taxonômica das minhocas. (A) Limpeza dos espécimes; (B) dissecação para exposição dos órgãos internos; e (C) visualização das estruturas internas sob microscópio estereoscópico.



Fonte: Moreira, A. E. P. (2026).

#### 4.5 Histologia de minhocas

Os procedimentos histológicos usados para identificação das minhocas, resultam de adaptações de diversos autores (Darmawan; Raffiudin; Widarto, 2012; Kmecick *et al.*, 2023; Righi, 1971). Cortes transversais das glândulas calcíferas foram desidratados, contendo aproximadamente 1.5ml de solução álcool 96% (30min) e álcool 100% (30min). Seguidamente foram colocados em uma solução de álcool 100%: Historesina (1:1) por 30 minutos. A amostra foi mantida por mais 30 minutos em solução de historesina adicionada de pó ativador (30min) e finalmente colocada em molde de silicone para realizar a polimerização com *Hardener*. Após um dia os blocos foram levados para a estufa a 60 °C por 30 min e guardados até a realização dos cortes.

A seguir foram obtidos cortes com espessura entre 5 e 7  $\mu\text{m}$  em micrótomo rotativo manual. Os cortes foram colocados em água a temperatura ambiente para esticar

e ordenar. As amostras foram colhidas em lâminas, secadas e coradas com hematoxilina (30 min), lavadas em água corrente (5 min) e seguidamente coradas com eosina (30 min). Finalmente, foram submetidas à desidratação subsequente em álcool 70%, 96% e 99,9% (5 min cada). Por fim, foi realizada a diafanização em xilol (2min) e a montagem das lâminas permanentes com Entellan.

#### 4.6 Análise de Dados

A distribuição das espécies entre os micro-habitats descritos neste trabalho foi visualizada utilizando um gráfico de barras descritivo baseado na abundância total (adultos + juvenis) por micro-habitat. A análise foi exploratória e não envolveu inferência estatística. Todas as análises foram realizadas no RStudio v. 4.5.2 (R Core Team, 2025).

### 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

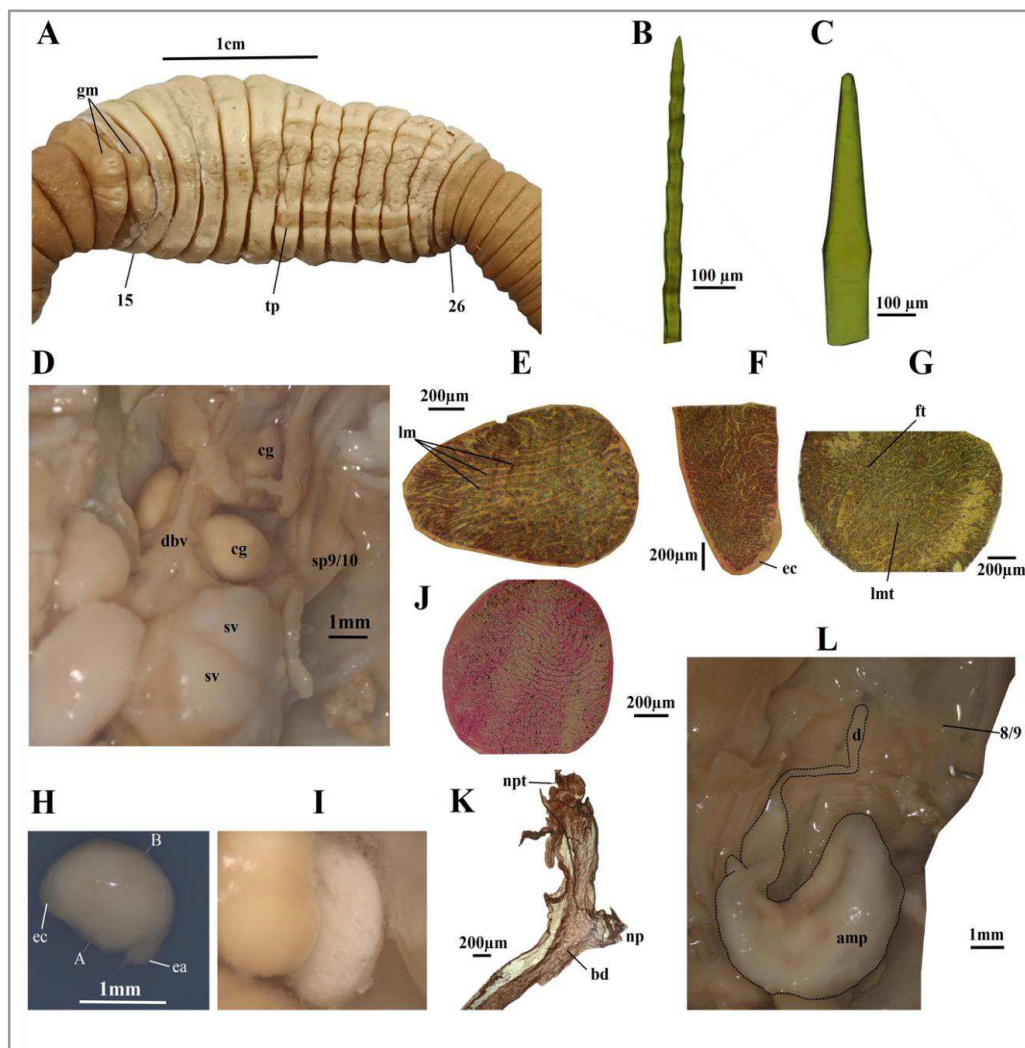
Foram amostrados 15 indivíduos de *Andiorrhinus jamesi* **sp. nov.**, dos quais seis eram juvenis ou pré-adultos, enquanto para *Cryptodrilus sofiae* **sp. nov.** foram registrados apenas dois indivíduos adultos. Nenhuma das espécies foi encontrada em mais de uma categoria de uso do solo, estando ausentes na maior parte das parcelas avaliadas. O Morfotipo 1 foi atribuído ao gênero *Andiorrhinus* (subgênero *Turedrilus*), enquanto o Morfotipo 2 foi identificado como pertencente ao novo gênero *Cryptodrilus*. Apesar do amplo esforço amostral empregado, com a amostragem de 18 parcelas em 2022–2023 e sua reamostragem em 2025, além da extração quantitativa por monólitos e buscas ativas em diferentes micro-habitats, ambas as espécies foram registradas em poucos locais. Essa baixa frequência de ocorrência sugere distribuição espacial restrita e baixa abundância natural.

#### 5.1 Descrições gerais do Morfotipo 1: *Cryptodrilus sofiae* **sp. nov.**

A espécie *Cryptodrilus sofiae* **sp. nov.** (Fig. 6) apresenta oito fileiras longitudinais de cerdas, um par de poros masculinos intra-clitелares e espermatecas pré-testiculares. Possui três pares de glândulas calcíferas nos segmentos 7 a 9, cuja estrutura interna combina padrões fiordiformes. O sistema reprodutivo é holândrico e metagínico, com vesículas seminais reduzidas. O nome do gênero, *Cryptodrilus*, deriva dos termos gregos

*kryptós* (oculto) e *drîlos* (minhoca), em referência à semelhança externa com outros gêneros que mascara suas características morfológicas exclusivas. O epíteto específico *sofiae* foi atribuído em homenagem a Sofia, filha do taxonomista de minhocas, Luís Hernández, em reconhecimento à sua contribuição nos cuidados de um casulo da espécie.

**Figura 6** - *Cryptodrilus sofiae* sp. nov. (holótipo). (A) Vista ventral do clitelo e dos tubérculos pubertários. (B) Vista distal das cerdas genitais intraclitelar do segmento 21. (C) Vista distal das cerdas genitais pós-clitelaes comuns do segmento 35. (D) Vista dorsal das glândulas calcíferas nos segmentos 8 e 9. (E–F) Glândula calcífera do segmento 7 em cortes transversais e sagitais, respectivamente. (G) Glândula calcífera do segmento 8 em corte transversal. (H–I) Glândula calcífera do segmento 9 mostrando o apêndice ectal e uma seção através da região A–B. (J) Glândula calcífera do segmento 9 em seção transversal. (K) Nefrídio pós-clitelar. (L) Vista dorsal da espermateca direita do segmento 9.



**Abreviaturas:** **gm** - marca genital; **tp** - tubérculo pubertária; **cg** - glândula calcífera; **sv** - vesícula seminal; **dbv** - vaso sanguíneo dorsal; **sp9/10** - septo 9/10; **lm** - lamela; **ec** - conexão esofágica; **lmt** - tipo lamelar; **ft** - tipo fiordiforme; **ea** - apêndice ectal; **npt** - nefrostoma; **np** - nefroporo; **bd** - bexiga; **d** - ducto; **amp** - ampola;

- **Morfologia externa**

*Dimensões e Pigmentação*

O holótipo apresenta um comprimento de 270 mm, com uma largura de 7,5 mm no 10.º segmento, 11 mm na região do clitelo e 6,5 mm no 30.º segmento, compreendendo 285 segmentos. O parátipo mede 140 mm de comprimento, com 7,5 mm de largura no 10.º segmento, 8 mm no clitelo e 7 mm no 30.º segmento, totalizando 140 segmentos. A biomassa máxima registada foi de 6,5 g. O corpo é cilíndrico, exibindo uma coloração que varia de castanho claro a bege em toda a sua extensão.

*Disposição Setal e prostómio*

As setas, do tipo emparelhadas e com distribuição regular ao longo do corpo (ab e cd), iniciam-se no 5.º segmento no holótipo e no 7.º segmento no parátipo. A disposição setal no 30.º segmento para o holótipo é aa:ab:bc:cd:dd = 5,5:1:11:0,5:22. No parátipo, os valores são aa=10 e dd=31. O prostómio é classificado como prolábico.

*Clitelo e Estruturas Reprodutivas Externas*

O clitelo, proeminente e de coloração bege, possui forma anelar e estende-se pelos segmentos 14, 15–26. Os tubérculos purbetárias manifestam-se como sulcos longitudinais nos segmentos 20–(1/2) 25, posicionados imediatamente lateralmente à linha B (Fig. 6A). Três pares de poros das espermatécas abrem-se em pequenas papilas localizadas na linha D, nos intersegmentos 6/7–8/9. No holótipo, uma área glandular larga e ligeiramente proeminente, de contorno triangular com projeção médio-anterior, situa-se nos segmentos 9–10; esta estrutura assume um contorno retangular nos segmentos 10–11 e contém as cerdas ventrais. As marcas genitais, sob a forma de papilas arredondadas salientes, estão presentes na linha AB nos segmentos 13–14, sendo menos proeminentes nos segmentos 19–24. As cerdas genitais, encontradas nas papilas arredondadas, medem 2380–2665 µm de comprimento nos segmentos 20–25 e exibem 8–10 escavações semilunares na extremidade distal (Fig. 6B). As cerdas comuns dos segmentos 30–40 são truncadas; a

única cerda completa recuperada era lisa e ligeiramente sigmoidal, com 960 µm de comprimento. Pequenos nefroporos estão localizados dorsalmente à linha CD.

- **Anatomia Interna**

*Septos e Moela*

Os septos dos segmentos 6/7–9/10 são de espessura uniforme, cónicos e altamente musculosos. O septo 10/11 é ligeiramente musculoso, enquanto o 11/12 é membranoso. A moela, localizada no segmento 6, é altamente musculosa e mede 4,3 mm de largura por 6 mm de comprimento.

*Glândulas Calcíferas*

Glândulas calcíferas não pedunculadas estão presentes nos segmentos 7–9, conectadas dorsalmente ao esófago (Fig. 6D). Em secção transversal, a glândula calcífera do segmento 7 exibe uma estrutura lamelar (Fig. 6E), enquanto em secção sagital apresenta uma organização predominantemente em forma de fiorde (Fig. 6F). A glândula calcífera do segmento 8 mostra uma estrutura lamelar na região central e uma disposição em forma de fiorde na região periférica (Fig. 6G). A glândula calcífera do segmento 9 é a mais desenvolvida, reniforme, e possui o maior apêndice ectal (Fig. 6H). A sua estrutura interna é de difícil visualização sob microscópio estereoscópico na vista transversal (Fig. 6I); contudo, secções de micrótomo revelam uma organização em forma de fiorde em secção transversal (Fig. 6J).

*Sistema Excretor e Circulatório*

O sistema é holonefridial, um par de nefrídeos por segmentos. Nefrídios pós-clitelaes possuem duas alças, sendo que a maior atinge aproximadamente metade do comprimento da bexiga (Fig. 6K). Três pares de vasos sanguíneos finos ocorrem nos segmentos 7–9, adjacentes às glândulas calcíferas. Dois pares de corações lateroesofágicos estão presentes nos segmentos 10–11.

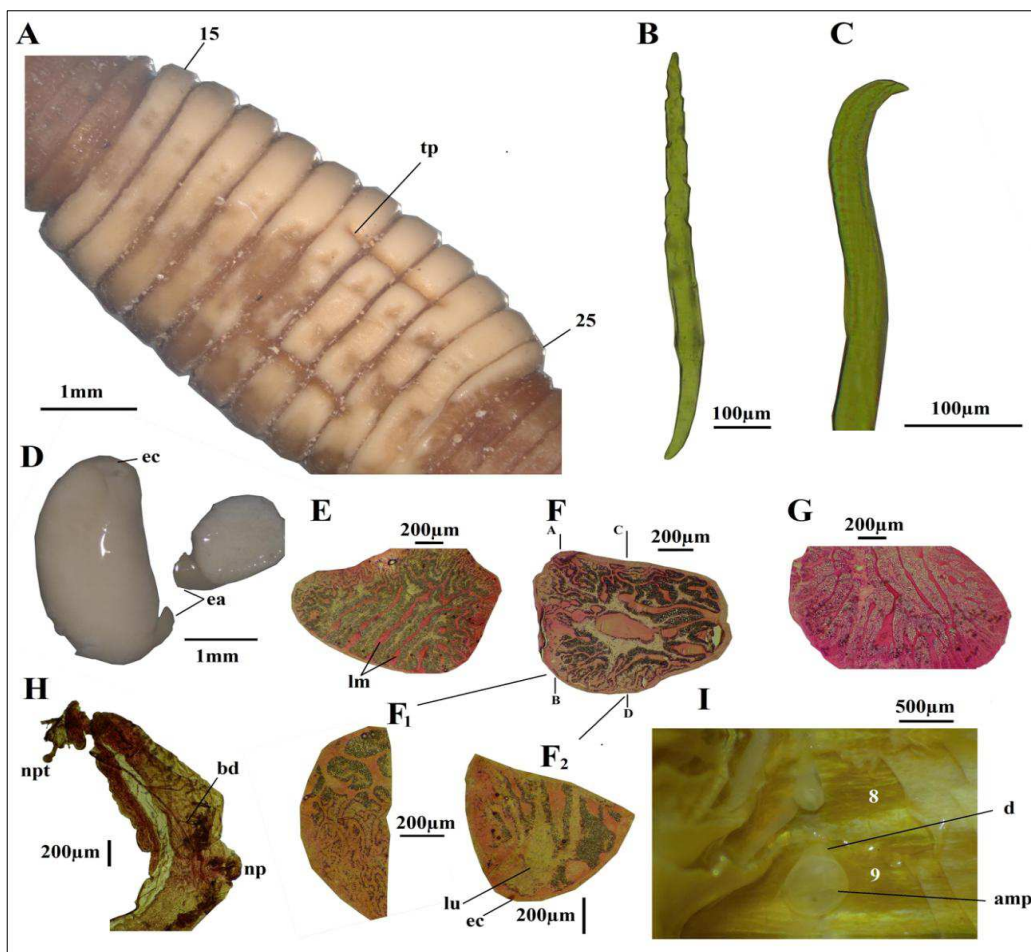
A origem do intestino ocorre no segmento 17. O tiflosolo, pregueado com lamelas onduladas, inicia-se no segmento 23 e estende-se posteriormente até o segmento 147.

Um par de ovários está localizado no segmento 13, com funis ovarianos nos intersegmentos 13/14. O poro feminino não foi reconhecido. Três pares de espermatecas grandes estão presentes nos segmentos 7–9, abrindo nos intersegmentos 6/7, 7/8 e 8/9. Câmaras seminais estão ausentes. A maior espermateca, no segmento 9, mede 5 mm de comprimento no ducto e 6 mm de comprimento nas ampolas (Fig. 6L). Dois pares de testículos e funis masculinos estão encerrados em sacos testiculares nos segmentos 10–11. Dois pares de vesículas seminais estão limitados aos segmentos 11–12. Um par de ductos deferentes intraparietais percorre paralelamente a linha B para entrar na parede corporal no 1/3 do segmento 20, precisamente na marca da tubercula pubertaris.

## **5.2 Descrições gerais do Morfotipo 2: *Andiorrhinus jamesi* sp. nov.**

A espécie *Andiorrhinus jamesi* **sp. nov** (Fig. 7) apresenta dois pares de corações intestinais nos segmentos 10 e 11, oito fileiras longitudinais de cerdas e um par de poros masculinos intraclitellares. Possui uma moela localizada no segmento 6 e três pares de glândulas calcíferas nos segmentos 7 a 9, com estrutura interna lamelar. O sistema reprodutivo é holândrico e metagínico, podendo apresentar vesículas seminais de comprimento variável. A espécie foi descrita a partir de exemplares coletados na Reserva Biológica do Gurupi, município de Centro Novo do Maranhão, em áreas de floresta queimada e em processo de regeneração. Os indivíduos foram encontrados sob troncos em decomposição, próximos às raízes de árvores e em necromassa, ambientes caracterizados pelo acúmulo de matéria orgânica. O epíteto específico *jamesi* foi atribuído em homenagem a Samuel Wooster James, em reconhecimento às suas contribuições para a taxonomia e o conhecimento da diversidade de minhocas neotropicais.

**Figura 7** – *Andiorrhinus jamesi* sp. nov. (holótipo). (A) Vista ventral do clitelo e dos tubérculos pubertários. (B) Seta genital intraclitelar do segmento 21. (C) Vista distal das setas pós-clitelaes comuns do segmento 37. (D) Glândula calcífera do segmento 9, mostrando o apêndice ectal e uma secção através da região média. (E–G) Glândula calcífera dos segmentos 7–9 em secção transversal. (F1–F2) Glândula calcífera do segmento 8 em secção tangencial e sagital ao longo dos planos A–B e C–D, respectivamente. (H) Nefrídio pós-clitelar. (I) Vista dorsal da espermateca direita dos segmentos 8 e 9.



**Abreviaturas:** tp - tubérculos purbetárias; ec - conexão esofágica; ea - apêndice ectal; lm - lamela; npt - nefrostoma; bd - bexiga; np - nefroporo; lu - lúmen; d - ducto; amp - ampola

## ● Morfologia externa

### *Dimensões e Pigmentação*

O holótipo da espécie em questão apresenta dimensões de 130 mm de comprimento 5,15 mm de largura no 10.º segmento, alcançando 6,5 mm na região do clitelo e 4,35 mm no 30.º segmento, totalizando 131 segmentos. Os parátipos adultos demonstram uma variação de 179–230 mm de comprimento, com larguras de 4,5–5,3 mm

no segmento 10. No clitelo 4,7–5,2 mm e no segmento 30, 4,3–5,0 mm, possuindo entre 200 e 245 segmentos. A biomassa máxima registrada para esses espécimes é de 2,54 g. Morfologicamente, o corpo é cilíndrico, apresentando uma coloração castanho-escuro uniforme em espécimes vivos, cuja intensidade pigmentar diminui após a fixação em álcool a 99%.

#### *Disposição Setal Clitelo*

As cerdas ventrais (ab) têm seu início no segmento 6, e as cerdas laterais (cd) no segmento 10. A organização das cerdas adota um padrão lumbricino. A fórmula de proporção setal, medida no segmento 30, é  $aa:ab:bc:cd:dd = 5,0:1,0:8,0:0,5:20$ . O prostômio é classificado como prolóbico.

#### *Clitelo e Estruturas Reprodutivas Externas*

O clitelo, de natureza glandular e anelar, estende-se dos segmentos 15 a 25, preservando uma coloração bege na porção dorsal após a fixação. Um par de sulcos puberais é notado nos segmentos (1/2) 20–(1/3) 23, posicionado adjacente à linha B (Fig. 7A). Marcas genitais externas não foram observadas. As cerdas ventrais dos segmentos 19–24 são modificadas em cerdas genitais retas, com 642–833 µm de comprimento e 5–7 escavações na região distal (Fig. 7 B). As cerdas comuns dos segmentos 30–40 são discretamente sigmoidais e lisas, medindo 600–650 µm de comprimento (Fig. 7 C). Poros femininos, espermatecais e masculinos microscópicos não são externamente discerníveis. Nefridioporos vesiculados estão presentes na linha CD.

### ● **Anatomia Interna**

#### *Septos e Moela*

Internamente, os septos dos segmentos 6/7–8/9 são caracterizados por sua espessura uniforme, formato cônico e forte musculatura. O septo 9/10 está ausente, e o septo 10/11 apresenta-se ligeiramente musculoso, enquanto os demais septos são

membranosos. A moela, situada no segmento 6, mede 3,5 mm de largura por 3,9 mm de comprimento e é fortemente muscúlosa.

#### *Glândulas Calcíferas*

Três pares de glândulas calcíferas, com morfologia claviforme, estão presentes nos segmentos 7–9, conectadas dorsalmente ao esôfago. Apêndices ectais são observados em todas as glândulas (Fig. 7D). Em secção transversal, as glândulas calcíferas dos segmentos 7–9 revelam uma estrutura lamelar (Fig. 7E–G), que diverge da condição típica encontrada em outras espécies do gênero *Andiorrhinus*. Nos espécimes analisados, algumas lamelas periféricas são curtas ou incompletas, sendo constituídas por pequenos vasos sanguíneos com espessamento irregular em determinadas regiões (Fig. 7F). Em secção tangencial, a organização interna sugere uma estrutura mais alveolar (Fig. 7F1), enquanto as lamelas são nitidamente visíveis em secção sagital (Fig. 7F2).

#### *Sistema Excretor e Circulatório*

Um par de holonefrídios vesiculares é observado por segmento, cada um com duas alças que correspondem a aproximadamente metade do comprimento da bexiga. O túbulo nefridial conecta-se à bexiga, a qual se abre ao longo da linha CD (Fig. 7H). Três pares de vasos sanguíneos espessos estão presentes nos segmentos 7–9. Dois pares de grandes corações lateroesofágicos são encontrados nos segmentos 10–11, ambos conectados a um vaso supraesofágico espesso. Corações globulares supraesofágicos são visíveis a partir do segmento 13, com redução gradual de tamanho posteriormente até o segmento 24.

#### *Sistema Digestório e Reprodutor Interno*

O intestino tem sua origem no segmento 18. O tiflosol inicia-se no segmento 23, apresentando-se dobrado em lamelas onduladas e em ziguezague, estendendo-se posteriormente até o segmento 125. Um par de sacos ovarianos está localizado medioventralmente no segmento 13. Funis femininos posteriores aos ovários estão situados no septo 13/14, com um ducto curto que se estende até o segmento 14 e se abre

próximo à linha A. Dois pares de espermatecas saculares, de dimensões reduzidas, estão presentes nos segmentos 8 e 9, com aberturas nos intersegmentos 7/8 e 8/9 ao longo da linha CD; o segundo par é maior que o primeiro, com ductos muito curtos, medindo menos de um quarto do comprimento das ampolas (Fig. 7 I). Sacos testiculares estão posicionados ventralmente nos segmentos 11–12. Vesículas seminais curtas são observadas nos segmentos 11–12. Os ductos deferentes emergem dos sacos testiculares adjacentes à linha B, penetram na parede corporal e se abrem no segmento 20, dentro do campo dos tubérculos pubertárias.

### 5.3 Autoecologia e preferência de habitat

Com base nas observações de campo obtidas por meio de amostragens quantitativas e qualitativas padronizadas, foi possível realizar inferências preliminares sobre a autoecologia e as preferências de habitat das espécies descritas. *Andiorrhinus (Turedrilus) jamesi* **sp. nov.** foi registrado exclusivamente em florestas em regeneração natural primária após incêndio, enquanto *Cryptodrilus sofiae* **sp. nov.** se restringiu a florestas antigas (Quadro 1).

Ambas as espécies estavam ausentes de áreas em regeneração após pastagem, apesar de um esforço de amostragem equivalente em todas as categorias de uso do solo. As ocorrências de *A. (T.) jamesi* **sp. nov.** concentraram-se em áreas de regeneração pós incêndio localizadas tanto perto como longe de canais de drenagem, indicando tolerância à variação topográfica do local (Tabela 1). Em contraste, *C. sofiae* **sp. nov.** foi encontrado apenas em parcelas de floresta antiga localizadas mais longe de áreas de drenagem, sugerindo maior especificidade de habitat.

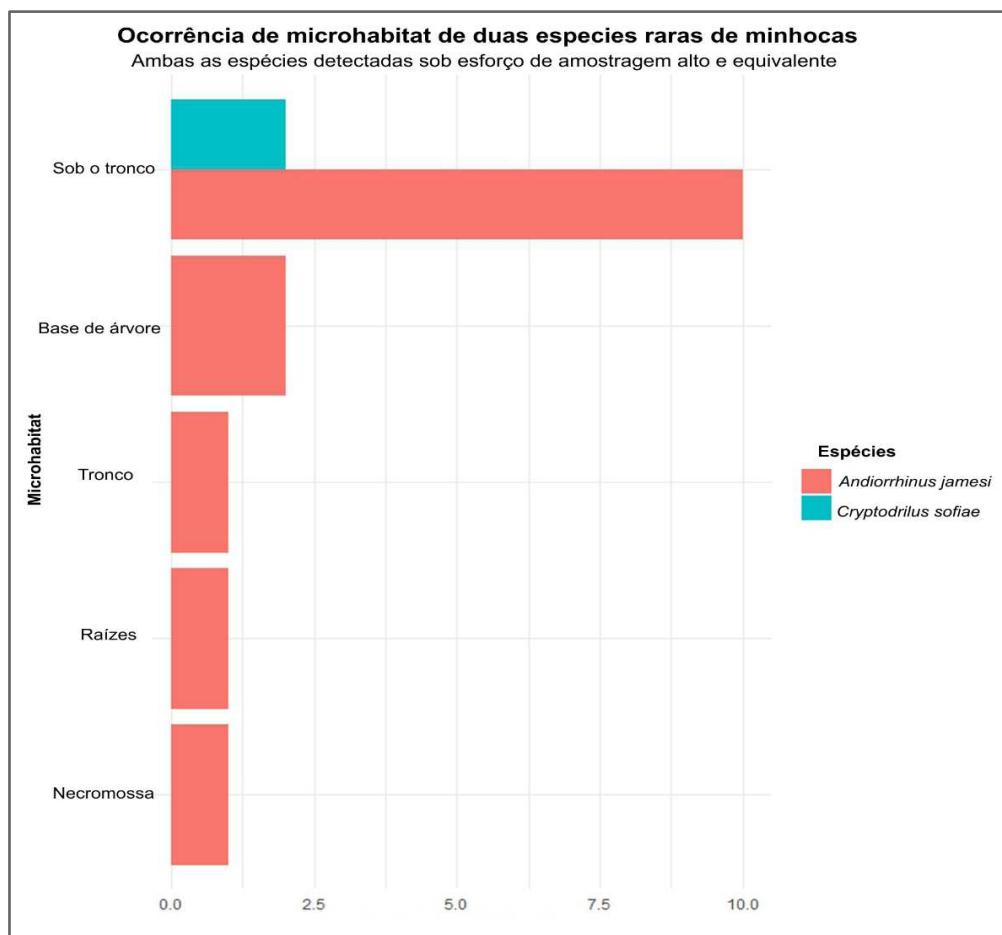
**Quadro 1.** Ocorrência e abundância de duas espécies raras de minhocas em diferentes tipos de uso do solo e posições topográficas na Reserva Biológica de Gurupi. A amostragem foi realizada em áreas de floresta primária, regeneração pós-incêndio e regeneração pós-pastagem, considerando parcelas localizadas em altitudes elevadas e baixas em relação à rede de drenagem, com base na Altura Acima da Drenagem Mais Próxima (HAND). Em cada parcela, as minhocas foram procuradas ativamente durante 4 horas, abrangendo 13 micro-habitats potenciais: debaixo de troncos, necromassa, raízes, troncos, base das árvores, excrementos de minhocas, estrume, solo epifítico, serapilheira, solo, tocos, pântanos e ninhos de térmitas. A = Adulto, J = Juvenil.

| Utilização do solo       | HAND    | Parcelas | Micro-habitats | <i>C. sofiae</i><br>(A) | <i>A. jamesi</i><br>(A) | <i>A. jamesi</i><br>(J) |
|--------------------------|---------|----------|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Floresta primária        | Elevado | 6        | 13             | 0                       | 0                       | 0                       |
| Floresta primária        | Baixa   | 6        | 13             | 2                       | 0                       | 0                       |
| Regeneração pós-incêndio | Elevado | 6        | 13             | 0                       | 8                       | 6                       |
| Regeneração pós-incêndio | Baixa   | 6        | 13             | 0                       | 1                       | 0                       |
| Regeneração pós-pastagem | Elevado | 6        | 13             | 0                       | 0                       | 0                       |
| Regeneração pós-pastagem | Baixa   | 6        | 13             | 0                       | 0                       | 0                       |

Fonte: Hernández-García; Moreira, (2026).

Ambas as espécies estavam associadas a micro-habitats específicos. *A. (T.) jamesi* **sp. nov.** foi registrada principalmente sob troncos caídos, necromassa, bases de árvores, raízes e, ocasionalmente, no interior de troncos, micro-habitats caracterizados por maior retenção de umidade e acumulação de matéria orgânica (quadro 1). Jovens e pré-adultos foram encontrados exclusivamente em parcelas de regeneração pós-incêndio, sugerindo que a espécie é capaz de completar seu ciclo de vida nesse ambiente. *Cryptodrilus sofiae* **sp. nov.** foi encontrado apenas sob troncos caídos em floresta primária, apesar da inspeção de 13 micro-habitats potenciais em todas as parcelas (fig.8). A ausência de registros em outros micro-habitats sugere uma forte especialização em micro-habitats. A ocorrência restrita dessas espécies pode indicar que se tratam de táxons raros e potencialmente endêmicos, associados a condições ambientais muito específicas, reforçando a necessidade de investigações adicionais sobre sua distribuição e status de conservação.

**Figura 8** – Ocorrência de duas espécies raras de minhocas em diferentes micro-habitats e tipos de uso do solo na Reserva Biológica de Gurupi. *Andiorrhinus jamesi* sp. nov. foi registrada em áreas de regeneração pós incêndio em vários micro-habitats, enquanto *Cryptodrilus sofiae* sp. nov. foi registrada apenas em floresta primária e exclusivamente sob troncos. As barras indicam o número total de indivíduos (adultos + juvenis) por micro-habitat.



Fonte: Hernández-García; Moreira, (2026).

*Andiorrhinus* é um gênero distribuído predominantemente pela América do Sul e que atualmente compreende 48 espécies descritas (Misirlioglu *et al.* 2023). Destas, 13 espécies pertencem ao subgênero *Turedrilus*, que se encontra amplamente distribuído pela Venezuela (seis espécies), Brasil (cinco espécies) e Colômbia (duas espécies) (Hernández-García *et al.* 2018). Nesse contexto, a descrição de *Andiorrhinus* (*Turedrilus*) *jamesi* sp. nov. amplia o conhecimento sobre esse grupo na Amazônia Oriental, região ainda pouco estudada em levantamentos de diversidade de minhocas.

Por outro lado, *Cryptodrilus* **gen. nov.** representa uma linhagem rara e de difícil identificação taxonômica, pois sua distinção em relação a *Andiorrhinus* depende de

análises histológicas das glândulas calcíferas utilizando seções de micrótomo. Como a maioria dos levantamentos taxonômicos em grande escala depende de amostragens de campo extensivas em várias áreas, tais procedimentos histológicos de mão-de-obra intensiva, raramente são aplicados, especialmente em indivíduos juvenis. No presente estudo, as interpretações ecológicas para *C. sofiae* sp. nov. e *A. (T.) jamesi* sp. nov. restringem-se, portanto, a espécimes adultos e pré-adultos coletados durante a estação chuvosa, para os quais a identificação taxonômica foi clara.

Apesar dessas limitações, a distribuição restrita, o possível endemismo, a baixa abundância e a elevada especificidade de habitat observadas em ambas as espécies indicam alta vulnerabilidade ecológica dessas minhocas, especialmente diante do aumento das pressões causadas por incêndios e desmatamento (Silva Junior *et al.*, 2020).

Nenhuma das espécies foi registrada em áreas em regeneração após pastagem, indicando que o histórico de uso do solo influencia significativamente a estrutura das comunidades de minhocas. Em contraste, *A. (T.) jamesi* sp. nov. foi encontrada em áreas em regeneração pós-incêndio, sugerindo certa resiliência quando a estrutura florestal e a integridade do solo são parcialmente preservadas. Já *C. sofiae* sp. nov. ocorreu exclusivamente em florestas antigas, demonstrando maior dependência de habitats conservados. Esses resultados corroboram estudos anteriores que associam espécies de *Andiorrhinus* a ambientes com baixa perturbação e evidenciam a elevada vulnerabilidade de *Cryptodrilus* à perda de cobertura florestal (Hernández-García *et al.*, 2023).

Uma limitação deste estudo refere-se ao fato de que a identificação das espécies só pode ser realizada de forma confiável em indivíduos adultos e pré-adultos, restringindo as análises de distribuição a essas fases de vida. Dessa forma, não foi possível determinar se os indivíduos encontrados em áreas de regeneração pós-incêndio correspondem a populações remanescentes de florestas anteriormente conservadas ou a eventos recentes de recrutamento. Embora técnicas moleculares sejam recomendadas para a identificação de indivíduos juvenis (Decaens *et al.*, 2016), seu elevado custo ainda limita sua aplicação em muitas instituições latino-americanas. Ainda assim, estudos demonstram que a taxonomia morfológica tradicional apresenta elevada confiabilidade para a identificação de espécimes adultos (James; Davidson, 2012).

Em relação ao micro-habitat, as espécies descritas foram associadas a troncos caídos, necromassa e bases de árvores, indicando dependência de ambientes úmidos, ricos

em matéria orgânica e com condições ambientais estáveis. Esses micro-habitats tendem a ser reduzidos em áreas perturbadas, o que pode limitar a dispersão e a recolonização das espécies. Além disso, tais observações, associadas às características morfológicas e evidências de campo, sugerem uma estratégia ecológica anécica, baseada na escavação de galerias profundas.

As estratégias anécicas são pouco comuns em florestas tropicais, onde predominam espécies endogéicas e epigéicas (Decaens *et al.*, 2016). Entretanto, as condições relativamente mais secas da Amazônia Oriental podem favorecer espécies com hábito de escavação profunda, capazes de acessar camadas do solo com maior estabilidade hídrica (James; Davidson, 2012). Embora essa estratégia possa aumentar a resistência às variações climáticas sazonais (Jiménez *et al.*, 1998), também torna as espécies mais vulneráveis a alterações na estrutura e na umidade do solo. A baixa ocorrência de adultos e juvenis sugere populações naturalmente raras e sensíveis às mudanças no habitat. Além disso, a associação com troncos em decomposição reforça a importância dessas espécies nos processos de decomposição e ciclagem da matéria orgânica do solo (Brown *et al.*, 2000).

Em relação ao porte corporal, essas espécies provavelmente desempenham papel importante na escavação e manutenção de galerias profundas no solo. Além disso, sua elevada biomassa individual sugere contribuição significativa para as redes tróficas locais, atuando como recurso alimentar para diversos predadores do solo e da superfície.

## 6. CONCLUSÃO

O estudo permitiu a descrição de duas novas espécies de minhocas, *Andiorrhinus (Turedrilus) jamesi* **sp. nov.** e *Cryptodrilus sofiae* **sp. nov.**, ampliando o conhecimento sobre a biodiversidade edáfica da Amazônia Oriental. A descrição de *Andiorrhinus jamesi* **sp. nov.** reforça a diversidade do subgênero *Turedrilus* no Brasil, enquanto a proposição de *Cryptodrilus* **gen. nov.** destaca a complexidade evolutiva do grupo e a necessidade do uso de técnicas histológicas refinadas para a distinção taxonômica precisa.

As espécies apresentaram distribuição restrita e preferência por habitats específicos, sugerindo elevada sensibilidade às alterações no uso do solo e à perda da integridade dos ambientes florestais. A persistência dessas espécies provavelmente depende da manutenção da cobertura florestal, da complexidade estrutural e da heterogeneidade do micro-habitat. Considerando sua distribuição restrita, seu elevado grau de especialização ecológica e a vulnerabilidade dos ambientes onde ocorrem, essas espécies podem estar sujeitas a elevado risco de conservação. No entanto, avaliações mais aprofundadas sobre distribuição geográfica, tamanho populacional, ecologia e resposta às alterações ambientais são necessárias para determinar seu real status de conservação. Em suma, este estudo amplia o conhecimento taxonômico sobre minhocas e reforça a importância da conservação da Reserva Biológica do Gurupi.

## REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L.M. & SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol. Zeitschrift*, 22, 711–728. Portugal. 2013.

ANDERSON, J. M. & J. I. INGRAM. Tropical soil biology and fertility, a handbook of methods. 2ed. CAB International, Wallingford. United States. 1993.

AZEVEDO, P. T. M.; BROWN, G. G.; BARETTA, D.; PASINI, A.; NUNES, D. H. Populações de minhocas amostradas por diferentes métodos de coleta (elétrico, químico e manual) em ecossistemas da região de Londrina, Paraná, Brasil / Poblaciones de lombrices de tierra muestreadas por diferentes métodos de coleta (eléctrico, químico y manual) en ecosistemas de la región de Londrina, Paraná, Brasil. *Acta Zoológica Mexicana*, v. 26, n. 2, 2010.

BARETTA, D., G. G. BROWN, S. W. JAMES & E. J. B. N. CARDOSO. Earthworm populations sampled using collection methods in atlantic forests with *Araucaria angustifolia*. *Scentia Agricola*. 64: 384-392 2007b.

BARRETA, D., BROWN, G. G., OLIVEIRA F, L. C. I., SANTOS, J. C. P., CARDOSO, E. J. B. N. Biorreguladores da qualidade do solo: organismos indicadores. In: Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros (pp. 175–199). Embrapa. 2007<sup>a</sup>.

BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G. As minhocas e o sistema direto na palha. *A Granja*, Porto Alegre, v. 67, n. 754, p. 65–67, out. 2011.

BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; ROSA, M. G.; FILHO, O. K.; JAMES, S. W.; DECAENS, T.; BARETTA, D. Earthworm richness in land-use systems in Santa Catarina, Brazil. *Applied Soil Ecology*, Amsterdam, v. 83, p. 59–70, nov. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.03.003>.

BLANCHART, E. Effects of earthworms on soil structure and physical properties. *Earthworm management in tropical agroecosystems*, n. 5, p. 149–172, 1999.

BLOUIN, M.; HODSON, M. E.; DELGADO, E. A.; BAKER, G.; BRUSSAARD, L.; BUTT, K. R.; DAI, J.; DENDOOVEN, L.; PERES, G.; TONDOH, J. E.; CLUZEAU, D.; & BRUN, J. J. 2013. Uma revisão do impacto das minhocas na função do solo e nos serviços ecossistêmicos. *European Journal of Soil Science*. United States. DOI: 10.1111/ejss.12025.

BOTTINELLI, N., HEDDE, M., JOUQUET, P. & CAPOWIEZ, Y. (2020). An explicit definition of earthworm ecological categories Marcel Bouché's triangle revisited. *Geoderma*, 372, 114361.

BOUCHÉ, M. Lombriciens de France. *Ecologie et systématique* (Vol. 72): INRA Editions. Bouché, M. Strategies lombriciennes. *Ecological Bulletins* (25), 122-132. 1977.

BOUCHÉ, M. B. e R. H. Gardner. Earthworms functions. VIII – Population estimation

techniques. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol*. 21: 37-63. Deutschland. 1984.

BROWN, G. G.; BAROIS, I.; LAVELLE, P. Regulação da dinâmica da matéria orgânica do solo e da atividade microbiana na drilosfera e o papel das interações com outros domínios funcionais edáficos. *European Journal of Soil Biology*. 2000. DOI: 10.1016/S1164-5563(00)01062-1

BROWN, G. G.; DOMÍNGUEZ, J. Uso de minhocas como bioindicadores de qualidade do solo. In: MOREIRA, F. M. S. (Org.). *Biodiversidade do solo em ecossistemas tropicais*. Lavras: UFLA, 2010. p. 65–98.

CAPOWIEZ, Y; MARCHÁN, D; DECAENS, T; HEDDE, M; BOTTINELLI, N. Let earthworms be functional – Defining new functional groups based on their bioturbation behaviour. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 188, p. 109209, jan. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2023.109209>

COGNETTI (Oligochaeta, Glossoscolecidae). *Tropical Zoology*, 1, 125–139. 1908.

DARMAWAN, A. N.D.Y.; RAFFIUDIN, R. I.K.A. WIDARTO, Tri Heru. Morphological characters and histology of *Pheretima darnleiensis*. *HAYATI Journal of Biosciences*, v. 19, n. 1, p. 44–48, 2012.

DECAENS, T., PORCO, D., JAMES, S.W., BROWN, G.G., CHASSANY, V., DUBS, F., DUPONT, L., LAPIED, E., ROUGERIE, R., ROSSI, J.P. & ROY, V. DNA barcoding reveals diversity patterns of earthworm communities in remote tropical forests of French Guiana. *Soil Biology and Biochemistry*, 92, 171–183.2016. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.10.009>.

DOS SANTOS, B.T.S., BARTZ, M.L.C., HERNÁNDEZ-GARCÍA, L.M., ROUSSEAU, G.X., MARTINS, M.B. & JAMES, S.W. New earthworm species of *Righiodrilus* (Clitellata, Glossoscolecidae) from eastern Amazonia. *Zootaxa*, 4242, 392–400. 2017.

EDWARDS, C. A.; BOHLEN, P. J. *Biology and ecology of earthworms* (Vol. 3): Springer Science & Business Media. United States. 1996.

FAN, K.; CHU, H.; ELDRIDGE, D. J.; GAITAN, J. J.; LIU, Y.; SOKOYA, B; WANG, J. Soil biodiversity supports the delivery of multiple ecosystem functions in urban greenspaces. *Nature Ecology & Evolution*, v. 7, p. 113–126, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41559-022-01935-4>. Acesso em: Jan, 2026.

FERNANDES, R. M. L. Revisitando a família “Glossoscolecidae” (Annelida). Dissertação (Mestrado em Ciências – Sistemática, Taxonomia Animal e Biodiversidade) - Universidade de São Paulo, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2025.

FICK, S.E.; HIJMANS, R.J. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *Int. J. Climatol*. 2017.

GUERRA, C. S. A.; HEINTZ-BUSCHART, A.; SIKORSKI, J.; CHATZINOTAS, A.; GUERRERO-RAMÍREZ, N.; CESARZ, S.; BEAUMELLE, L. Blind spots in global soil

biodiversity and ecosystem function research. *Nature Communications*, v. 11, n. 3870, United States. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17688-2>. Acesso em: Jan, 2026.

HALLAM, J., HODSON, M. E. Impact of different earthworm ecotypes on water stable aggregates and soil water holding capacity. *Biology and Fertility of Soils*, 56(5), 607-617. 2020.

HERNÁNDEZ, L. M.; SOUSA, S.; ROUSSEAU, G. X.; GUERRERO, J. E. B. Capítulo 3: Minhocas da Amazônia Maranhense, primeiro levantamento de um patrimônio biológico rico e ameaçado. In: *A ciência do solo no progresso técnico-científico e sustentável do Maranhão: um panorama das pesquisas em seus agroecossistemas*. São Luís: Editora: 631.4. p. 52–71. 2021.

HERNÁNDEZ-GARCÍA, L. M.; RODRÍGUEZ, G. A.; JAMES, S. W.; LIMEIRA-DE-OLIVEIRA, F.; ROUSSEAU, G. X. Two new species of Atatina earthworm (Rhinodrilidae, Clitellata) from the Gurupi Biological Reserve, Maranhão, Brazil. *Zootaxa*, Auckland, New Zealand, v. 5514, n. 5, p. 494–500, 2024. DOI: 10.11646/zootaxa.5514.5.6.

HERNÁNDEZ-GARCÍA, L. M.; SOUSA, S. C.; FERREIRA, C.; ROUSSEAU, G. X. Uma lista de referência anotada e distribuição de minhocas da Venezuela (Megadrili: Crassicitellata). *Zootaxa*, 5255(1), 183–211. DOI: 10.11646/zootaxa.5255.1.19. 2023.

HERNÁNDEZ-GARCÍA, L. M.; SOUZA, S. C.; GUERRERO, J. E. B.; ROUSSEAU, G. X. Minhocas da Amazônia Maranhense: primeiro levantamento de um patrimônio biológico rico e ameaçado. In: *A ciência do solo no progresso técnico-científico e sustentável do Maranhão: um panorama das pesquisas em suas agroecossistemas*. Maranhão, 2021. p. 52–71.

HERNÁNDEZ-GARCÍA, L.M., BARTZ, M.L., BURGOS-GUERRERO, J.E., SOUSA, S.C., ROUSSEAU, G.X. & JAMES, S.W. Additions to Andiorrhinus (Turedrilus) (Rhinodrilidae, Clitellata) from Eastern Amazonia. *Zootaxa*, 4496, 481–491. 2018a.

HERNÁNDEZ-GARCÍA, L.M., BURGOS-GUERRERO, J.E., ROUSSEAU, G.X. & JAMES, S.W. Brasilisia n. gen. and arraia n. gen., two new genera of Ocnerodrilidae (Annelida, Clitellata, Oligochaeta) from Eastern Amazonia, Brazil. *Zootaxa*, 4496, 472–480. 2018b.

HERNÁNDEZ-GARCÍA, L.M., BURGOS-GUERRERO, J.E., SANTOS, B.T.S., ROUSSEAU, G.X. & JAMES, S.W. Three new species of Holoscolex (Clitellata, Glossoscolecidae) from the Gurupi Biological Reserve, last forest remnant of the Belém Endemism Area, Eastern Amazon. *Zootaxa*, 4496(1), p. 459-471. 2018c. doi/10.11646/zootaxa.4496.1.35.

HICKMAN, C. P. JR, CLEVELAND P.; KEEN, S. L.; EISENHOUR, D. J.; LARSON, A.; I'ANSON, H. *Integrated Principles of Zoology*. 14. ed. New York: McGraw-Hill Education, United States. 2008. Acesso em: abr. 2026.

HICKMAN, C. P. JR.; KEEN, S. L.; LARSON, A.; EISENHOUR, D. J.; I'ANSON, H.; ROBERTS, L. S. Integrated principles of zoology. 18. ed. New York: McGraw-Hill Education, United States. 2021. Acesso em: jun 2026.

HUDSON, M. E.; BENNING, L. G.; DEMARCHI, B.; PENKMAN, K. E. H.; RODRIGUEZ-BLANCO, J. D.; SCHOFIELD, P. F.; VERSTEEGH, E. A. A. Biomineralisation by earthworms – an investigation into the stability and distribution of amorphous calcium carbonate. *Geochemical Transactions*, v. 16, art. 4, 2015. Doi: 10.1186/s12932-015-0019-z

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report. Summary for Policymakers. Geneva: IPCC, 2023. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_SYR\\_SPM.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf). Acesso em: jun. 2026.

JAMES, S. W.; DAVIDSON, S. K. Filogenia molecular de minhocas (Annelida: Crassicitellata) baseada em sequências dos genes 28S, 18S e 16S. *Invertebrate Systematics*. 26 (2), 213–229. 2012. <https://doi.org/10.1071/IS11012>.

JIMÉNEZ, J. J.; MORENO, A. G.; LAVELLE, P.; DECAENS, T. Dinâmica populacional e estratégias adaptativas de *Martiodrilus carimaguensis* (Oligochaeta, Glossoscolecidae), uma espécie nativa das savanas bem drenadas da Colômbia. *Applied Soil Ecology*, 9(1–3), 153–160. 1998. DOI: 10.1016/s0929-1393(98)00069-9.

KMECICK, M; COSTA, M. C. V.; FERREIRA, E. da C; PRODOCIMO, M. Critical Evaluation of Embedding Media for Histological Studies of Early Stages of Chick Embryo Development. *Methods and Protocols*, v. 6, n. 2, art. 38, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/mps6020038>

LAVELLE, P.; DECAENS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J.-P. Invertebrados do solo e serviços ecossistêmicos. *European Journal of Biology, Nova Jersey*, v. 42, p. S3-S15, 2006.

LAVELLE, P.; PASHANASI, B. Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). *Pedobiologia*, [s. l.], v. 33, p. 283–291, 1989.

LEE, K. E. Earthworms: their ecology and relationships with soils and land use. Academic Press, New York. 1985.

LIMA, D. M.; MARTÍNEZ, C.; RAÍCES, D.S.L. An avifaunal inventory and conservation prospects for the Gurupi biological reserve, Maranhão, Brazil. *Rev. Bras. Ornitol.*, 22, 317–340. 2014.

MACEDO, V. R. A. Atributos do solo que determinam a produtividade das culturas para prevenir a degradação de solos estruturalmente frágeis. 2018. Tese (Doutorado em Agroecologia) — Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2018. Disponível em: <https://repositorio.uema.br/handle/123456789/747> Acesso em: mai. 2026.

MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; DUNLAP, P.V.; CLARK, D. P. Microbiologia de Brock. 12.<sup>a</sup> ed. Porto Alegre, Artmed Editora, 1160 p, 2010.

MAPBIOMAS. Coleção 10 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso do Solo do Brasil. Acesso em mar 2025, disponível em: <https://mapbiomas.org/>. 2025.

MISIRLIOGLU, M., REYNOLDS, J. W., STOJANOVIC, M., TRAKIC, T., SEKULIC, J., JAMES, S. W., CSUZDI, C., DECAENS, T., LAPIED, E., PHILLIPS, H. R. P., CAMERON, E. K., BROWN, G. G. Minhocas (Clitellata, Megadrili) do mundo: uma lista atualizada de espécies e famílias válidas, com notas sobre a sua distribuição. *Zootaxa*, 5255(1). 2023. DOI: 10.11646/zootaxa.5255.1.33.

MOREIRA, F. M. S. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: UFLA, 2010.

MUNIZ, F.H. Padrões de floração e frutificação de árvores da Amazônia Maranhense. *Acta Amaz.*, 38, 617–626. 2008.

NELSON, J. M.; J. E. SATCHELL. The extraction of Lumbricidae from soil with special reference to the hand-sorting method. Pp. 294-299. In: P. W. Murphy (Ed.). *Progress in soil zoology*. Butterworths, London.1962.

PUGA-FREITAS, R.; BAROT, S; TACONNAT, L; RENOU, J.; BLOUIN, M. Signal molecules mediate the impact of the earthworm *Aporrectodea caliginosa* on growth, development and defence of the plant *Arabidopsis thaliana*. *PLoS ONE*, San Francisco, v. 7, n. 12, e49504, United States. 2012. DOI: 10.1371/journal.pone.0049504.

QUIGLEY, I. Characteristics of Annelids. *Animal Sciences*, 276, 30. United States. 1997.

REDDY, M. V.; REDDY, V. R.; BALASHOURI, P.; KUMAR, V. P. K.; COGLE, A. L.; YULE, D. F.; BABU, M. Respostas da abundância de minhocas e produção de moldes de superfície e suas propriedades físico-químicas: propriedades para o manejo do solo em relação àquelas de uma área não perturbada em um argissolo tropical semiárido. *Bioquímica do Solo*, v. 29, p. 617–620, 1997.

RIBEIRO, O; BRIONES, M, J. I.; NATAL-DA-LUZ, T; RIBEIRO, C; PEREIRA, R.; CARROLA, J. S. As minhocas como engenheiras do solo e sentinelas da poluição. *Captar: Ciência e Ambiente para Todos*, Aveiro, v. 11, art. 5, 2022. DOI: 10.34624/captar.v11i0.28345.

RIGHI, G. Colombian earthworms. In: Van der Hammen, T. & Dos Santos, A.G. (Eds), *Studies on Tropical Andean Ecosystems/Estudios de Ecosistemas Tropandinos* 4. Cramer, Berlin, pp. 485–607.1995.

RIGHI, G. Manual de identificação de minhocas do Brasil. São Paulo: USP, 1984.

RIGHI, G. Sobre a família Glossoscolecidae (Oligochaeta) no Brasil. *Arquivos de Zoologia*. [S.l: s.n.], 1971.

RIGHI, G. Sobre o gênero *Andiorrhinus* (Oligochaeta, Glossoscolecidae). *Boletim de Zoologia da Universidade de São Paulo*, v. 10, p. 123–151, 1985.

- RIGHI, G. Uma coleção de oligochaeta da Amazônia brasileira, 1988.
- RIGHI, G.; NEMETH, A. Alguns Oligochaeta Glossoscolecidae da Amazônia Venezuelana. *Papéis Avulsos de Zoologia*, São Paulo, [s. l.], v. 35, n. 8, p. 93–108, 1983.
- RIGHI, GILBERTO; AYRES, IONE; BITTENCOURT, ELIZABETH C. R. Glossoscolecidae (Oligochaeta) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. *United States Acta Amazonica*, v. 6, n. 3, p. 335–367, 1976.
- ROBERTSON, J D. A função das glândulas calcíferas das minhocas. *Journal of Experimental Biology*, v. 13, n. 3, p. 279–297, 1936. doi: <https://doi.org/10.1242/jeb.13.3.279>.
- ROY, S., GANDHI, U., SWETNAM, T., SOMASUNDARAM, D. & SAAH, A. samapriya/awesome-gee-community-datasets: Community Catalog (2.8.0). Zenodo. Available at: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13218907>. 2024.
- RUPPERT, E.E.; FOX, R.S. E BARNES, R.D. *Zoologia dos Invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva*. 7ª ed. São Paulo, Roca, 1145p, 2005.
- RUTGERS, M.; SCHOUTEN, A.J.; BLOEM, J.; VAN E., N.; DE GOEDE, R. G. M., JAGERS O. AKKERHUIS, G. A. J. M.; VAN DER WAL, A.; MULDER, C.; BRUSSAARD, L.; BREURE, A. M. Biological measurements in a nationwide soil monitoring network. *European Journal of Soil Science* 2009.
- SANTOS, H. G. O solo e o ambiente do Nordeste brasileiro. Recife: UFRPE, 2021.
- SANTOS, H.G., CARVALHO-JÚNIOR, W., DART, R. DE O., ÁGLIO, M.L.D., SOUSA, J.S. DE, PARES, J.Gl. O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada. Embrapa Solos, Rio de Janeiro. 2011.
- SILVA JUNIOR, C.H.L., HEINRICH, V.H.A., FREIRE, A.T.G., BROGGIO, I.S., ROSAN, T.M., DOBLAS, J. Benchmark maps of 33 years of secondary forest age for Brazil. *Sci. Data*, 7, 1–9.2020.
- SODRZEIESKI, P. A. Características físicas e químicas do solo e observação de coprólitos de minhoca em diferentes usos da terra na Amazônia Central. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.
- SOUSA, A. M. de. Diversidade de oligoquetas na transição entre a Amazônia Oriental e o Cerrado. 2023. 111 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Conservação da Biodiversidade) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2023.
- SOUSA, S. C.; HERNÁNDEZ-GARCÍA, L. M.; CHRISTOFFERSEN, M. L. From 1900 to 2000: History of Earthworm taxonomy in the North and Northeast of Brazil and its current distribution in Brazilian Biomes. 2020 *Arquivos De Zoologia*, 51(3), 21-29. <https://doi.org/10.11606/2176-7793/2020.51.03>

SOUSA, S. C; HERNÁNDEZ-GARCÍA; L M, ROUSSEAU, G, X. Uma nova espécie de minhoca *Pontoscolex* (Rhinodrilidae, Clitellata) da Reserva Biológica do Gurupi, juntamente com registros de espécies de minhocas da região amazônica do Maranhão, Brasil. *Zootaxa* , 4801 (1), 105–114. 2020.

STEFFEN, G. P. K; ANTONIOLLI, Z. I; STEFFEN, R. B; JACQUES, R. J. S. Importância ecológica e ambiental das minhocas. *Revista de Ciências Agrárias*, Lisboa, v. 36, n. 2, p. 137-148, 2013.

VAN GROENIGEN, J. W. How fertile are earthworm casts A meta-analysis. *Geoderma*, v. 338, p. 525–535, 2019.

VASCONCELLOS, R. L. F.; SEGAT, J. C.; BONFIM, J. A.; BARETTA, D.; CARDOSO, E. J. B. N. Soil macrofauna as an indicator of soil quality in an undisturbed riparian forest and recovering sites of different ages. *European Journal of Soil Biology*, Amsterdam, v. 58, p. 105–112, 2013. DOI: 10.1016/j.ejsobi.2013.07.001. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2013.07.001>. 2013 Acesso em: mai. 2026.

WILLIAMS, B. A.; GRANTHAM, H. S.; WATSON, J. E. M.; ALVAREZ, S. J.; SIMMONDS, J. S.; ROGÉLIZ, C. A.; DA SILVA, M.; FORERO-MEDINA, G.; ETTER, A.; NOGALES, J.; WALSCHBURGER, T.; HYMAN, G.; BEYER, H. L. Minimising the loss of biodiversity and ecosystem services in an intact landscape under risk of rapid agricultural development. *Environmental Research Letters*, v. 15, n. 1, p. 014001, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab5ff7>.

WILLIAMS, D.; SMITH, J. Soil degradation and anthropogenic impacts in tropical agricultural systems. *Environmental Research Letters*, v. 18, n. 3, p. 034012, 2023.

ZABORSKI, E. R. Allyl isothiocyanate: an alternative chemical expellant for sampling earthworms. *Applied Soil Ecology*. 22: 87-95.2003.

ZICSI, A.; CSUZDI, C. Sobre algumas espécies de *Thamnodrilus* e outras minhocas do Equador (Oligochaeta: Glossoscolecidae, Lumbricidae, Megascolecidae). *Minhocas da América do Sul* 3. *Opuscula Zoologica* (Budapeste), 23, 209–218.1988.

## GLOSSÁRIO

**AMPULA** - Extremidade ental (final/que não está presa à parede muscular) da espermateca, formando algo semelhante a uma pequena câmara.

**ANÉCICA** - refere a um grupo de minhocas que vivem nas camadas mais profundas do solo, são caracterizadas pela ausência de pigmentação (apigmentado) e por uma musculatura bem desenvolvida.

**ANNELIDA** – É um filo que reúne invertebrados com corpos moles, cilíndricos e divididos em anéis chamados metâmeros. O nome vem do latim *annulus* (pequeno anel). Além das minhocas, o grupo inclui as sanguessugas e os vermes marinhos.

**APÊNDICE ECTAL** – Projeção ou extensão localizada na porção ectal (externa) da espermateca, próxima à abertura para o exterior. Sua forma, tamanho e posição variam entre as espécies e constituem um importante caráter taxonômico.

**AUTOECOLOGIA** - Estudo das relações entre uma espécie e o ambiente em que vive, incluindo sua distribuição, hábitos e preferências de habitat.

**BIOINDICADOR** - Organismo cuja presença, ausência ou abundância reflete as condições ambientais de determinado ecossistema.

**BIOTURBAÇÃO** - Processo de revolvimento, mistura e reorganização do solo promovido pela atividade de organismos, como as minhocas.

**BIOTURBADORES** - Organismos capazes de modificar a estrutura física do solo por meio da escavação, construção de galerias e movimentação de partículas.

**CASULO** - Às vezes chamado de "cápsula"; é como se fosse um “ovo” secretado pelo clitelo, no qual o desenvolvimento embrionário ocorre. Forma e tamanho são específicos de cada espécie.

**CERDAS (SETAE)** - São pequenos “espinhos” presentes no corpo das minhocas que auxiliam na locomoção e na reprodução, possui diferentes formas e tamanhos.

**CLASSE CLITELLATA** - Classe do filo Annelida caracterizada pela presença do clitelo durante a fase reprodutiva.

CLITELO - É uma parte da parede do corpo formada a partir de células glandulares, está diretamente envolvida na formação dos casulos (ovos).

COPRÓLITOS - Excretas produzidas pelas minhocas após a digestão do solo e da matéria orgânica, importantes para a estruturação e fertilidade do solo.

CORAÇÕES INTESTINAIS – Vasos sanguíneos musculares que conectam os vasos dorsal e ventral, impulsionando a circulação do sangue. Localizam-se próximos ao intestino e variam em número e posição conforme a espécie.

CRASSICLITELLATA - Ordem de anelídeos que reúne as minhocas terrestres.

CUTÍCULA - Camada fina e transparente que reveste externamente o corpo das minhocas, oferecendo proteção contra dessecação e agentes externos.

DIAFANIZAÇÃO - Etapa do processamento histológico que torna os tecidos transparentes antes da montagem permanente das lâminas.

DIAGNOSE TAXONÔMICA - Conjunto de características morfológicas utilizadas para distinguir um táxon de outros semelhantes.

DUCTO DEFERENTE – Canal do sistema reprodutor masculino que transporta os espermatozoides dos funis seminais até os poros masculinos durante a reprodução.

ENDEMICO – Restrito a uma determinada região ou parte da região.

ENDOGÉICA - Refere-se as minhocas que se alimentam de matéria orgânica no solo e que sobem para a superfície para se alimentar e se reproduzir.

ENTELLAN - Resina sintética utilizada para montagem permanente de lâminas histológicas.

EOSINA – Corante ácido utilizado em histologia que cora principalmente o citoplasma, fibras musculares e proteínas em tons de rosa a vermelho, geralmente em associação com a hematoxilina.

EPIGÉICA - São as minhocas que vivem e se alimentam na superfície, estas são na sua grande maioria pigmentadas devido ao contato com a luz solar.

ESPERMATECA - Um órgão genital masculino no qual os espermatozoides do parceiro são depositados durante a cópula e armazenados até a liberação para reprodução ao depositar o casulo. Forma, tamanho e localização são importantes para o reconhecimento das espécies.

ESTRUTURAS BIOGÊNICAS – Estruturas produzidas pela atividade dos organismos no ambiente, como galerias, coprólitos, túneis e agregados do solo formados pelas minhocas, que influenciam as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

FAUNA EDÁFICA - Conjunto de organismos que vivem total ou parcialmente no solo.

FILOGENIA - Estudo das relações evolutivas entre os organismos.

FIORDIFORME - Tipo de organização interna da glândula calcífera semelhantes a fiordes.

GLÂNDULA CALCÍFERA - Glândulas localizadas no intestino (esofágico ou intestinal) e com várias funções. Seu tamanho, forma e posição são caracteres importantes na taxonomia de diversas famílias.

HAND (HEIGHT ABOVE NEAREST DRAINAGE) - Modelo topográfico que representa a altura do terreno em relação ao canal de drenagem mais próximo, utilizado para caracterizar posições na paisagem.

HEMATOXILINA – Corante básico utilizado em histologia que evidencia principalmente núcleos celulares e outras estruturas ricas em ácidos nucleicos, conferindo coloração azul ou violeta aos tecidos.

HERMAFRODITA - Possui órgãos reprodutores masculinos e femininos em um indivíduo.

HISTOLOGIA – Ramo da biologia que estuda a organização microscópica dos tecidos dos organismos, permitindo a análise da estrutura e função de órgãos e células.

HISTORESINA – Resina plástica utilizada para inclusão de tecidos destinados à confecção de cortes histológicos finos, proporcionando excelente preservação dos detalhes celulares e estruturais.

**HOLÂNDRICO** – Uma condição caracterizada pela presença de dois pares de testículos e seus funis ocorrendo sucessivamente nos segmentos 10 e 11.

**HOLONEFRIDIAL** – Condição em que cada segmento do corpo da minhoca possui um par completo de nefrídios funcionais, responsáveis pela excreção e regulação do equilíbrio hídrico.

**HOLÓTIPO** – Espécime único designado como referência principal para a descrição original de uma nova espécie, servindo como padrão para sua identificação.

**INTERSEGMENTO** - Uma divisão de segmentos; uma borda entre dois segmentos seguintes, onde a epiderme é mais fina.

**LAMELAR** – Que apresenta forma de lâminas ou placas finas. O termo é frequentemente utilizado para descrever estruturas internas, como as lamelas das glândulas calcíferas.

**MACROFAUNA DO SOLO** – Conjunto de organismos do solo com comprimento superior a 2 mm, como minhocas, cupins, formigas, besouros e outros invertebrados que participam da decomposição da matéria orgânica e da formação do solo.

**MARCAS GENITAIS** – Inchaços, cavidades ou sulcos glandulares dispostos de várias formas, frequentemente correlacionados com a posição dos poros das espermatecas.

**METAGÍNICO** – Condição em que os ovários da minhoca estão localizados posteriormente em relação à posição considerada mais comum dentro do grupo, constituindo um caráter utilizado na classificação taxonômica.

**MICRO-HABITAT** – Pequena porção do ambiente com condições físicas, químicas e biológicas específicas onde um organismo vive, como serapilheira, troncos em decomposição ou diferentes camadas do solo.

**MICRÓTOMO** – Equipamento utilizado em laboratórios para produzir cortes extremamente finos de tecidos previamente incluídos em parafina ou resina, destinados à análise microscópica.

**MOELA** – Uma parte do sistema digestivo, geralmente muscularizada; no entanto, em algumas espécies pode ser fracamente muscularizada ou ausente. Sua localização é muito importante para a taxonomia.

**MONOFILÉTICO** – Grupo de organismos formado por um ancestral comum exclusivo e todos os seus descendentes, representando uma única linhagem evolutiva.

**MONÓLITO** – Bloco padronizado de solo retirado intacto durante amostragens da fauna edáfica, preservando sua estrutura natural para análise dos organismos presentes.

**MORFOTIPO** – Grupo de indivíduos classificados com base em características morfológicas semelhantes quando ainda não é possível determinar sua identidade taxonômica.

**NECROMASSA** – Material orgânico de origem biológica constituído por organismos mortos ou partes deles em diferentes estágios de decomposição, importante fonte de nutrientes para a fauna do solo.

**NEFRÍDIO** – São órgãos excretores, como se fossem pequenos rins, suas formas são importantes na taxonomia das minhocas.

**NEFRIDIOPORO** – Abertura externa de um nefrídio.

**PARÁTIPO** – Espécime adicional citado na descrição original de uma espécie que complementa o holótipo, auxiliando na caracterização da variação morfológica da espécie.

**PIGÍDIO** – Segmento terminal do corpo dos anelídeos, onde se localiza o ânus. Não corresponde a um metâmero verdadeiro e marca o final do corpo.

**POROS MASCULINOS** – Aberturas externas do sistema reprodutor masculino por onde os espermatozoides são liberados durante a cópula. Sua posição e número são importantes caracteres taxonômicos.

**PROLÓBICO** – Tipo de prostômio em que o lobo anterior se projeta parcialmente sobre a boca da minhoca, sem dividi-la completamente. É uma característica utilizada na identificação das espécies.

**PROSTÔMIO** – Parte anterior do corpo (um lobo) projetando-se acima da boca. A forma do prostômio é específica da espécie e amplamente utilizada para a classificação das espécies.

**SACO TESTICULAR** – Saco contendo um testículo ou um par de testículos.

SEPTO – Uma partição interna entre segmentos, dividindo e apoiando órgãos internos; geralmente delicada, fina, embora em alguns casos possa ter uma musculatura muito forte.

SERAPILHEIRA – Camada superficial do solo formada pelo acúmulo de folhas, galhos, flores, frutos e outros resíduos vegetais em decomposição, constituindo importante habitat e fonte de alimento para organismos do solo.

SHAPEFILE – Formato de arquivo vetorial utilizado em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para armazenamento de dados espaciais.

SUPRAESOFÁGICO – Localizado acima do esôfago. O termo é utilizado para descrever órgãos ou estruturas anatômicas posicionadas dorsalmente ao esôfago.

TESTICULOS - Órgão masculino para produção de esperma. Pode ocorrer em um segmento: 10 (condição proandrica) ou 11 (metandrica); ou em dois segmentos, 10 e 11 (holandrico).

TIFLOSOLO – É uma dobra longitudinal no intestino projetando-se em seu lúmen; forma e início são características das espécies.

TSBF (TROPICAL SOIL BIOLOGY AND FERTILITY) – Método padronizado de amostragem da fauna do solo baseado na extração de monólitos.

TUBÉRCULA PUBERTARIA – São inchaços glandulares emparelhados localizados próximos às margens ventro-laterais do clitelo. São de vários tamanhos e formas; em espécies imaturas, elas podem não estar completamente desenvolvidas ou podem estar ausentes.

TUBULAR DICOTÔMICA – Estrutura composta por túbulos que se ramificam sucessivamente em dois ramos aproximadamente iguais, característica observada em alguns órgãos glandulares, como certos tipos de glândulas calcíferas.

VESÍCULAS SEMINAIS – Sacos do sistema reprodutor masculino onde os espermatozoides completam seu desenvolvimento e permanecem armazenados antes da cópula. O número, tamanho e posição dessas estruturas possuem grande importância taxonômica.

## ANEXO – A Tabela complementar.

Comparação entre espécies de *Andiorrhinus* (*Turedrilus*). \*Amputado; \*\* Embora Feijoo e Celis (2012) descrevam na Tabela 2 a presença desse caractere, não há descrição formal no artigo, e não é fácil reconhecer os tubérculos pubertárias na figura 7.

| <i>Andiorrhinus</i> ( <i>Turedrilus</i> )<br>species | Pigmentação                | Comprimento<br>(mm) | Diâmetro<br>XXX (mm) | Número do<br>segmento | Relação entre os setos<br>pós-clitelaes<br>aa:ab:bc:cd:dd | Prostômio             | Clitelo                              | Tubérculos<br>puberais      | Forma tubular<br>puberal |
|------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| <i>A. (T.) brunneus</i> Michaelsen, 1892             | castanho-escuro, dorsal    | 70–125              | ?                    | 97–112                | 5.5:1.0:7.3:0.8:28.5                                      | retraído              | sela 16–24                           | (1/2) 18–(1/2)23            | Sulco                    |
| <i>A. (T.) marcuzzi</i> Omodeo, 1955                 | violeta-escuro, segmento I | 66–77               | 3                    | 105–124               | 4.0:1.1:5.5:1.0:20.0                                      | tentacular            | sela, 16–25                          | 21–23 linha B               | faixa lisa               |
| <i>A. (T.) caudatus</i> Righi <i>et al.</i> , 1976   | ausente                    | 90–105              | 2.0–3.0              | 227–242               | 1.47:1:1.05:0.82:2.58                                     | ?                     | anelar, 16–25                        | 21–24                       | paralelepípedo           |
| <i>A. (T.) baniwa</i> Righi & Nemeth, 1983           | ausente                    | 225*                | 5                    | 306*                  | 2.5:1.0:2.7:1.4:3.1                                       | tentacular            | anelar, 15–(1/2) 25                  | 21–24, linha BC             | faixa lisa               |
| <i>A. (T.) bare</i> Righi & Nemeth, 1983             | ausente                    | 85                  | 1.6                  | 216                   | 2.6:1.0:1.8:??:??                                         | tentacular            | annu anelar lar, 17–20; sela, 21–26  | 22–25, linha B              | Ferradura saliente       |
| <i>A. (T.) samuelensis</i> Righi, 1986               | ausente                    | 390                 | 18                   | 318                   | 6.5:1:8.4:0.4:17.8                                        | retraído              | sela, 15–25                          | (1/2) 20–(2/3) 24, 24       | faixa lisa               |
| <i>A. (T.) royeri</i> Drachenberg, 1991              | dorsal, cinza              | 230.7               | 6.2                  | 267                   | 9.9:1:9.8:0.9:22.3                                        | tentacular            | anelar, 13–16, sela, 17–24           | (1/2) 19–(2/3) 22, linha BC | faixa lisa               |
| <i>A. (T.) acaciascensis</i> Feijoo, 2008            | dorsal                     | 45–52               | 3                    | 135–148               | 3:0.3:4:0.2:13.6                                          | retraído              | sela, 15,16–24                       | 19–20, linha A              | semicírculo              |
| <i>A. (T.) yukuna</i> Feijoo & Celis, 2012           | dorsal, castanho           | 74.5–78             | 2.9–3.1              | 131–134               | 3.0:0.25:3.2:0.25:9.6                                     | tentacular            | anelar, 16–19, sela, 20–(1/2) 24, 24 | Ausente**                   | ausente                  |
| <i>A. (T.) durantei</i> Feijoo <i>et al.</i> , 2017  | dorsal, amarelo            | 170–218             | 6.2                  | 129–164               | 10.5:1.0:11.5:0.8:43.0                                    | retraído              | sela                                 | 18–23, linha B?             | faixa lisa?              |
| <i>A. (T.) miricuri</i> Hernandez <i>et al.</i> 2018 | dorsal, castanho           | 198–245             | 7.1–8.4              | 221–344               | 6.5:1.0:8.0:0.5:20.0                                      | tanyloboso-tentacular | anelar, 15–(1/2) 26                  | 20–25, linha B              | faixa lisa               |
| <i>A. (T.) barrosoi</i> Hernandez <i>et al.</i> 2018 | dorsal, castanho           | 64–165              | 4.3                  | 127–211               | 7.2:1.0:8.0:0.6:32.0                                      | proloboso             | anelar, 15–25                        | 20–23, 1/3 24, linha BC     | faixa lisa               |
| <i>A. (T.) jamesi</i> sp. nov.                       | castanho                   | 130–230             | 4.3–5                | 131–245               | 5.0:1.0:8.0:0.5:20                                        | proloboso             | anelar, 15–25                        | (1/2) 20–(1/3) 23, linha BC | Sulcus longitudinalis    |

## ANEXO – B Tabela complementar (continuação).

Comparação entre espécies do gênero *Andiorrhinus* (*Turedrilus*).

| Espécies de <i>Andiorrhinus</i> ( <i>Turedrilus</i> ) | Marcas genitais intraclitellares | Poros masculino   | Espermatecas                                         | Cerdas genitais                         | Formato da glândula calcífera  | Origem e formato do tiflosole | Localidade                                              |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <i>A. (T.) brunneus</i> Michaelsen, 1892              | ausente                          | microscópico      | 7–9, linha CD                                        | 1000 µm, levemente curva, 22 escavações | cilíndrica, apêndice           | 26, dobrado como tubo         | Venezuela, Caracas                                      |
| <i>A. (T.) marcuizi</i> , Omodeo, 1955                | 20–22                            | microscópico      | 7–9 linha AB, razão ducto-ampola 2:1, câmaras        | 610 µm, reta, 12 escavações             | Saco                           | presente, lâmina sigmoide     | Venezuela, El Junquito                                  |
| <i>A. (T.) caudatus</i> Righi <i>et al.</i> , 1976    | ausente                          | 21                | 8–9, linha B                                         | 562–663 µm, 4–5 escavações              | Saco                           | 26, lâmina sigmoide           | Brasil, Amazonas (Sucunduri), Pará (Tapajós)            |
| <i>A. (T.) baniwa</i> Righi & Nemeth, 1983            | 17                               | 21/22             | 7–9 linha CD, razão ducto-ampola 2:1                 | 692 µm, 5–7 escavações                  | flabelada (em leque), apêndice | 26, lâmina sigmoide dupla     | Venezuela, Amazonas (San Carlos de Rio Negro).          |
| <i>A. (T.) bare</i> Righi & Nemeth, 1983              | ausente                          | 20                | 9–10 <i>linha CD</i> , ducto pequeno                 | 600 µm, 6–8 escavações                  | triangular, apêndice           | 25, ondulado                  | Venezuela, Amazonas (San Carlos de Rio Negro).          |
| <i>A. (T.) samuelensis</i> Righi, 1986                | 15–25                            | microscópico      | 7–9 linha CD, razão ducto-ampola 2:1                 | 1940–2500 µm, 12–15 escavações          | flabelada (em leque), apêndice | 30, lâmina sigmoide dupla     | Brasil, Rondônia (Porto Velho)                          |
| <i>A. (T.) royeri</i> Drachenberg, 1991               | ausente                          | 19/20             | 6–8, <i>linha C</i> , razão ducto-ampola 1:1, câmara | 1640–1650 µm, 23–27 escavações          | rim                            | 22, sigmoide                  | Venezuela, Amazonas (Rio Mavaca)                        |
| <i>A. (T.) acaciensis</i> Feijoo, 2008                | ?                                | microscópico      | 8–9                                                  | 21 escavações                           | ?                              | 18, lâmina simples            | Colombia, Sumapaz                                       |
| <i>A. (T.) yukuna</i> Feijoo & Celis, 2012            | 17–19                            | 19                | 9 linha B, razão ducto-ampola 3:1                    | 1000 µm, 19 escavações                  | dente de alho                  | 27, tubo dobrado              | Colombia, Caquetá (Belém de los andaques, Florencia)    |
| <i>A. (T.) duranti</i> Feijoo <i>et al.</i> , 2017    | 19–23                            | 20                | 7–8 linha B, razão ducto-ampola 3:1                  | 2140 µm, >15 escavações                 | Saco                           | 27, lâmina sigmoide           | Venezuela, Mérida                                       |
| <i>A. (T.) miricuri</i> Hernandez <i>et al.</i> 2018  | 19–24                            | linha BC do 18/19 | 17–9 linha CD, razão ducto-ampola 1:1                | 3000 µm, 9 escavações                   | dente de alho, apêndice        | 25, lâmina sigmoide           | Brasil, Maranhão (Gurupi)                               |
| <i>A. (T.) barrosoi</i> Hernandez <i>et al.</i> 2018  | ausente                          | linha BC do 19/20 | ausente                                              | 700–1000 µm, 5–8 escavações             | dente de alho, apêndice        | 26, gancho                    | Brasil, Maranhão (Gurupi, Alcântara, São Luís, Rosário) |
| <i>A. (T.) jamesi</i> <b>sp.nov.</b> ,                | ausente                          | linha BC do 20    | 8–9, linha CD, razão ducto-ampola 1:4                | 600–650 µm, 5–8 escavações              | dente de alho, apêndice        | 23, lamelas dobradas          | Brasil, Maranhão (Gurupi)                               |