

Manual de Biologia do Solo

Amostragem e características da macro e
mesofauna do solo

Wilian Carlo Demetrio

Istéfani Wenske Haudt

Lizete Stumpf

Lívia de Oliveira Islabão

Emerson Meirelhes de Farias

Gustavo Schiedeck

Marie Luise Carolina Bartz

Miguel Cooper

Jérôme Mathieu

George Gardner Brown



1ª edição



MADREPÉROLA

Manual de Biologia do Solo

**Amostragem e características da macro e
mesofauna do solo**

**Wilian Carlo Demetrio
Istéfani Wenske Haudt
Lizete Stumpf
Lívia de Oliveira Islabão
Emerson Meirelhes de Farias
Gustavo Schiedeck
Marie Luise Carolina Bartz
Miguel Cooper
Jérôme Mathieu
George Gardner Brown**

**Londrina, PR
2025**

1^a edição

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Manual de biologia do solo [livro eletrônico] :
amostragem e características da macro e
mesofauna do solo. -- 1. ed. -- Londrina, PR :
Editora Madrepérola, 2025.
PDF

Vários autores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-5046-095-2

1. Biologia do Solo 2. Invertebrados do solo
2. Solos - Manejo.

25-319685.0

CDD-631.46

Índices para catálogo sistemático:

1. Biologia do solo 631.46
Cibele Maria Dias - Bibliotecária - CRB-8/9427

<https://doi.org/10.5281/zenodo.15934158>

Fotos da capa: Marie Bartz (coró) e Wilian Demetrio

AUTORES

Wilian Carlo Demetrio – Agrônomo, Doutor em Ciência do Solo
Pós-doutorando na Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Piracicaba – São Paulo – Brasil

Istéfani Wenske Haudt – Graduanda em Agronomia
Universidade Federal de Pelotas (UFPEL / FAEM) – Departamento de Solos
Capão do Leão – Rio Grande do Sul – Brasil

Lizete Stumpf – Engenheira Agrônoma, Doutora em Agronomia - Solos
Professora da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL / FAEM) – Departamento de Solos
Capão do Leão – Rio Grande do Sul – Brasil

Lívia de Oliveira Islabão – Graduanda em Agronomia
Universidade Federal de Pelotas (UFPEL / FAEM) – Departamento de Solos
Capão do Leão – Rio Grande do Sul – Brasil

Emerson Meirelhes de Farias – Graduando em Agronomia
Universidade Federal de Pelotas (UFPEL / FAEM) – Departamento de Solos
Capão do Leão – Rio Grande do Sul – Brasil

Gustavo Schiedeck – Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia
Pesquisador da Embrapa Clima Temperado
Pelotas – Rio Grande do Sul - Brasil

Marie Luise Carolina Bartz – Bióloga, Doutora em Agronomia
Professora Visitante no Programa de Pós-Graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – Campus de Curitibanos
Curitibanos – Santa Catarina – Brasil

Miguel Cooper – Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia
Professor na Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
Piracicaba – São Paulo – Brasil

Jérôme Mathieu – Ecólogo, Doutor em Ecologia
Professor na Sorbonne University – IEES
Paris – França

George Gardner Brown – Agrônomo, Doutor em Ecologia
Pesquisador na Embrapa Florestas
Colombo – Paraná - Brasil

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a diversas bolsas do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) concedidas à George Gardner Brown (processos nº 301081/200-0, 540713/2001-5, 309415/2003-9, 303498/2007-2, 558281/2008-7, 304084/2010-7, 501498/2012-5, 307486/2013-3, 401824/2013-6, 400533/2014-6, 310690/2017-0, 404191/2019-3, 441930/2020-4, 312824/2022-0) e Wilian Demetrio (processos nº 150035/2023-3, 403933/2024-2, 200133/2025-0 e FAPESP processo nº 2025/01236-5). Apoio adicional do projeto FaunaServices financiado pelo centro de síntese CESAB da Fundação Francesa para Pesquisa em Biodiversidade (FRB; www.fondationbiodiversite.fr) e FAPESP/CNPq (21/14341-0 e 408607/2022-0) concedido a Jérôme Mathieu e Miguel Cooper, bem como o projeto sOilFauna, financiado por s-Div (subsídio SFW9.02), e de um projeto financiado pelo Instituto de Conhecimento Avançado de Montpellier para Transições (MAK'IT) da Universidade de Montpellier (acordo nº 242612).

O apoio adicional da Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná, do programa de colaboração em pesquisa MITI CNRS-USP, da Ação Internacional Emergente (IEA) do CNRS, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), da Universidade de São Paulo (ESALQ), da Sorbonne Université, da Universidade Federal do Paraná (UFPR), da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), do Centro Francês de Ecologia Funcional e Evolutiva (CEFE), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC, campus Curitibanos), da Universidade de Coimbra, da SPD - Soil Diagnostic e, da Federação Brasileira do Sistema Plantio Direto também é reconhecido pelos autores.

E por último, os autores agradecem à Sementes Tormenta e à Agrícola Zanella pelo patrocínio concedido para a viabilização desta obra.

Apoio



CESAB
CENTRE DE SYNTHÈSE ET D'ANALYSE
SUR LA BIODIVERSITÉ



ESALQ

Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
Universidade de São Paulo



German Centre for Integrative
Biodiversity Research (iDiv)
Halle-Jena-Leipzig



SORBONNE
UNIVERSITÉ



MAK!T
UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER



PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO
SECRETARIA DA CIÊNCIA,
TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR



CENTRE D'ECOLOGIE
FONCTIONNELLE
& EVOLUTIVE

Embrapa



**Sociedade Brasileira de
Ciência do Solo**
Núcleo Estadual Paraná



Patrocínio



SUMÁRIO

1

Introdução

11

2

Métodos de coleta da macro e mesofauna fauna do solo: questões gerais e o uso do TSBF, armadilhas *pitfall* e funis de Berlese-Tullgren

13

Introdução

14

Quantidade e distribuição das amostras

15

Amostragem da macrofauna segundo o método TSBF

17

Coleta dos monólitos e triagem

17

Registro dos dados e outras informações

22

Amostragem da macro e mesofauna do solo usando armadilhas
de queda (*pitfall traps*) e funis Berlese-Tullgren

24

3

Características e identificação dos grupos taxonômicos da macro e mesofauna do solo

28

Introdução

29

Aracnídeos

30

Ácaros

30

Aranhas

32

Escorpiões

33

Pseudoescorpiões

34

Opiliões

35

Aranhas-camelo

36

Escorpiões-vinagre

37

Entognatha

38

Colêmbolos

38

Proturos

40

Dipluros

41

Insetos

42

Abelhas e mamangavas

42

Formigas

43

Vespas

44

Baratas

45

Cupins

46

Cigarras

47

Percevejos

48

Pulgões e cochonilhas

49

Besouros e joaninhas

50

Tesourinhas

56

Moscas

57

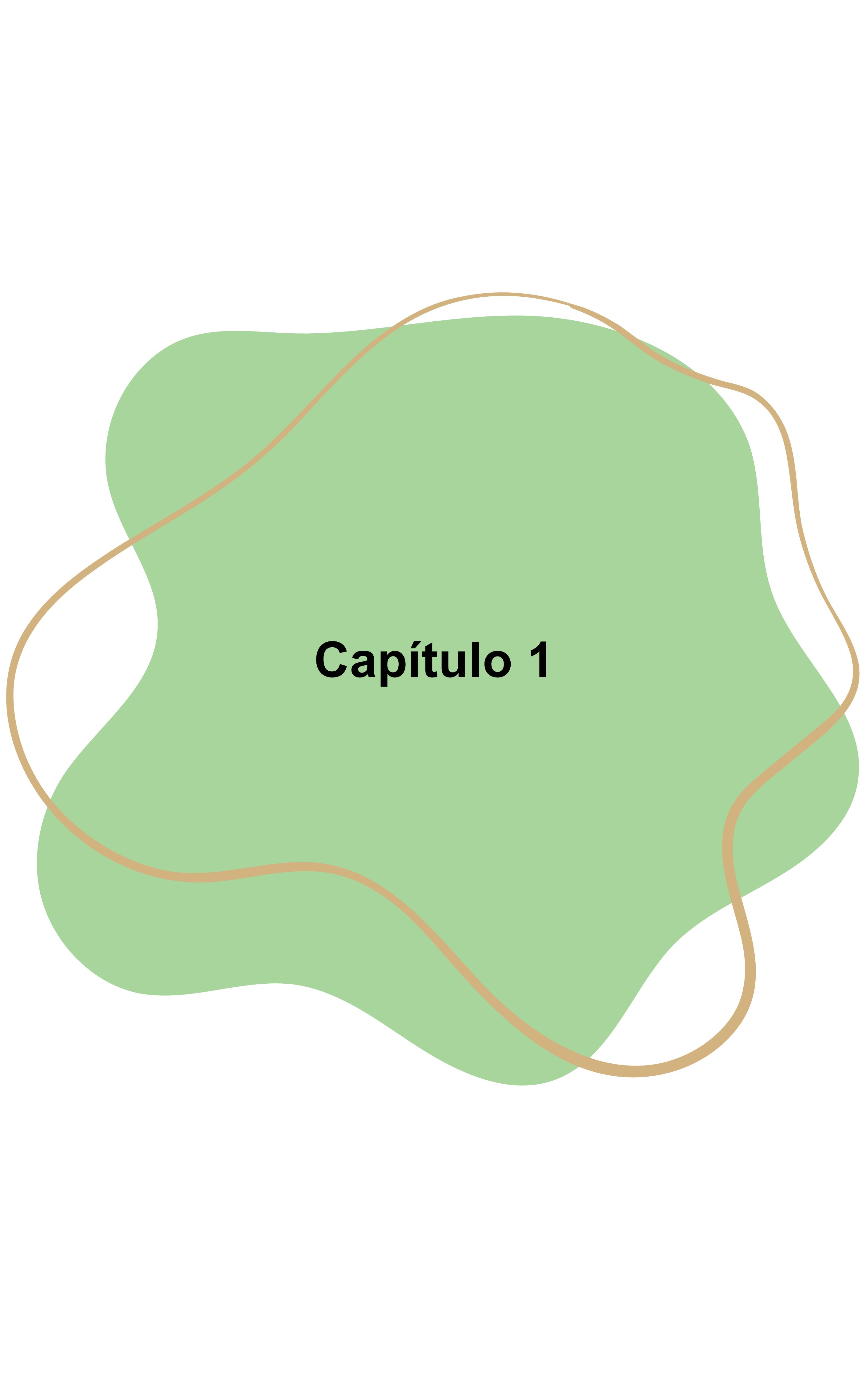
Embiópteros

58

Grilos e paquinhas

59

Gafanhotos	60
Borboletas e mariposas (larvas)	61
Formigas-leão	62
Bichos-pau	63
Tripes	64
Clitelados	65
Minhocas e minhocuços	65
Enquitreídeos	67
Sanguessugas	68
Onicóforos ou vermes aveludados	69
Miriápodes	70
Paurópodes	70
Milipéias, piolhos-de-cobra ou gongolos	71
Centopeias ou lacraias	72
Sífilos	73
Nematoídes entomopatogênicos	74
Planárias	75
Crustáceos	76
Caranguejos	76
Tatuzinhos-de-jardim	77
Anfípodos ou pulgas-da-areia	78
Lesmas e caracóis	79
Chave simplificada de identificação	80
4	
Apresentação e interpretação dos resultados da macro e mesofauna	81
Apresentação e interpretação dos resultados	82
REFERÊNCIAS	85



Capítulo 1

Introdução

Estimativas recentes sugerem que o solo abriga aproximadamente 60% de toda a biodiversidade do planeta (Anthony et al., 2023). Os invertebrados, que apresentam alta diversidade neste habitat, embora participem direta e indiretamente de diversas funções do solo, só recentemente começaram a receber maior atenção no meio científico, social e político (Orgiazzi et al., 2016; Eisenhauer et al., 2019; Guerra et al., 2020; 2021). Atualmente, não existem dúvidas sobre a importância destes invertebrados como provedores e reguladores de diversos serviços ecossistêmicos em ambientes nativos e manejados como, por exemplo, ciclagem de nutrientes, produção primária, regulação climática e pedogênese, entre outros (Brown et al., 2025).

Além de toda a relevância ecológica desses organismos em seu habitat, a fauna do solo também é sensível a alterações bióticas e abióticas e, portanto, tem sido utilizada como indicadora da qualidade do solo em sistemas agrícolas ao redor do mundo (Lavelle et al., 2022). Dada a enorme diversidade de espécies, acompanhada da grande variedade de tamanho dos organismos que compõem a fauna do solo, esta é usualmente separada em micro, meso e macrofauna dependendo do tamanho dos invertebrados (Figura 1). Embora essa classificação seja bastante antiga (Drift, 1951; Dunger, 1964; Wallwork, 1970; Swift et al., 1979), ela ainda é útil na separação dos organismos, permitindo um entendimento intuitivo da capacidade dos organismos de afetar a dinâmica da matéria orgânica e de alterarem o ambiente em que vivem.

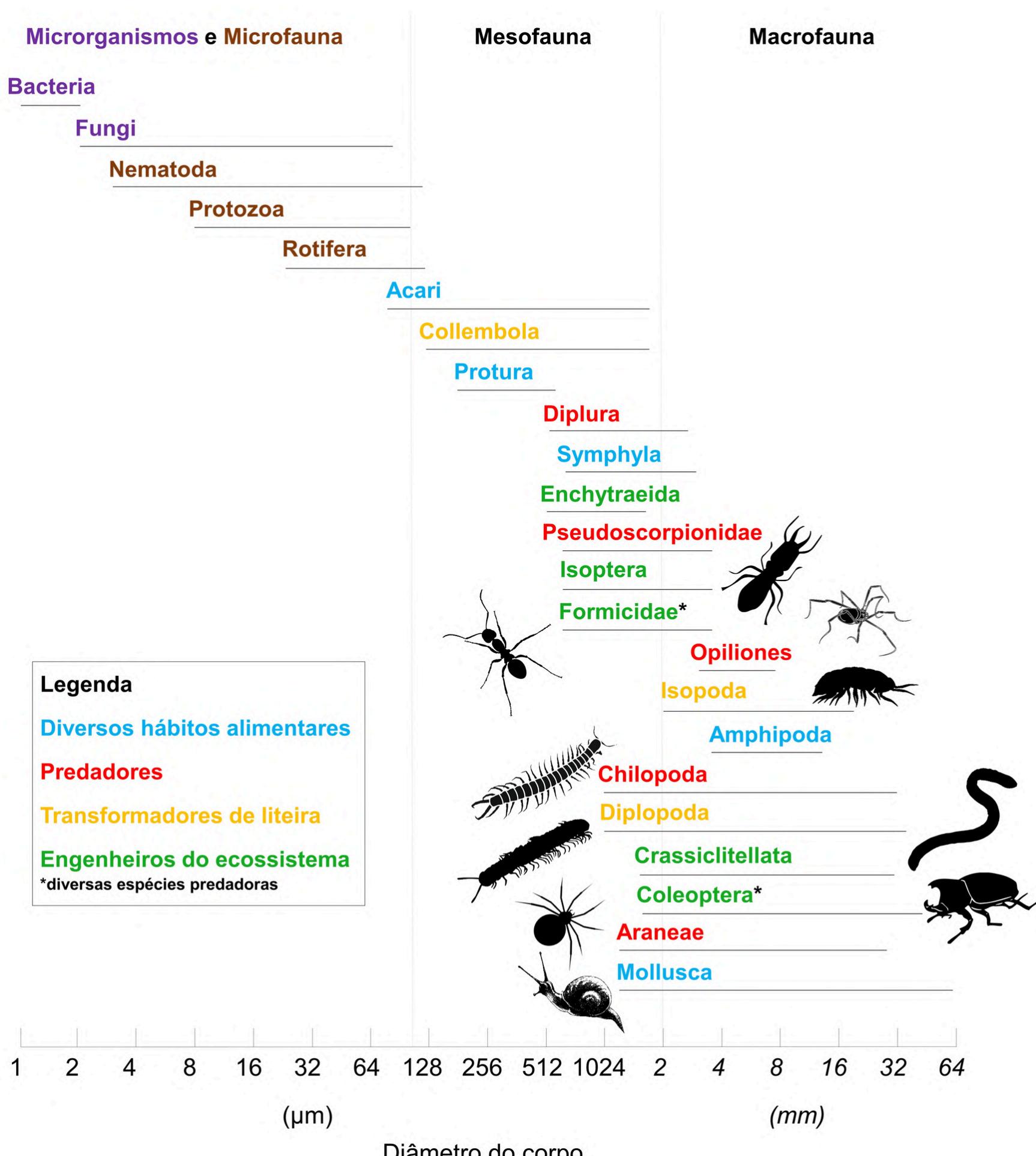


Figura 1. Separação das principais classes da fauna invertebrada do solo segundo o tamanho do corpo, e segundo os hábitos alimentares. Fonte: Brown et al. (2025)

Diversas metodologias podem ser usadas para a avaliação destes organismos, entretanto, deve-se ter cuidado quanto ao método escolhido, pois este pode impedir a comparação de resultados com outros estudos. Além disso, também é importante que variáveis como propriedades químicas e físicas do solo, histórico de manejo da área, e a época de amostragem, também sejam consideradas durante a execução do trabalho, a fim de auxiliar na interpretação dos resultados observados. Uma discussão mais aprofundada sobre detalhes importantes a serem considerados em estudos da macrofauna do solo pode ser encontrada em Demetrio et al. (2025), apesar destas recomendações também serem úteis para os estudos da meso e microfauna.

Dentre os principais métodos usados na amostragem fauna do solo se encontram a coleta de monólitos de solo, comumente chamada de método *TSBF** (Anderson & Ingram, 1993) usada para macrofauna, o uso de armadilhas de queda (em inglês, *pitfall traps*) usada para avaliação da macro e mesofauna epígea e, a coleta de solo usando anéis ou funis com posterior utilização de extratores Berlese-Tullgren para a mesofauna. Embora existam diversos trabalhos publicados com descrição destes métodos (Anderson e Ingram, 1993; Aquino, 2001; Dionísio e Signor, 2016; Signor e Dionísio, 2016; Moreira et al., 2010; entre outros), o objetivo deste manual, além de descrever estes três métodos de coleta, é também fornecer informações relevantes para auxiliar na identificação dos organismos coletados, principalmente para cientistas que estão iniciando seus estudos nesta área.

Leitura complementar recomendada:

Para o melhor entendimento da ecologia destes organismos, das funções desempenhadas fauna do solo e decisões importantes no momento de coleta, recomendamos a leitura de “Macrofauna do solo e sua importância nos processos edáficos e na provisão de serviços ecossistêmicos” (Brown et al., 2025), “Macrofauna nos solos Brasileiros: Estado da arte e recomendações de coleta” (Demetrio et al., 2025), “Fundamentals of Soil Ecology” (Coleman et al., 2017), e “Global monitoring of soil animal communities using a common methodology” (Potapov et al., 2022).

*TSBF representam as siglas do *Tropical Soil Biology and Fertility Programme*, um programa da UNESCO originalmente sediado em Nairobi, Quênia, que iniciou nos anos 1980 e durou até meados dos anos 2000, para promover o estudo e a avaliação da biologia e fertilidade dos solos tropicais.

Capítulo 2

Métodos de coleta da macro e mesofauna fauna do solo: questões gerais e o uso do TSBF, armadilhas *pitfall* e funis de Berlese-Tullgren

Introdução

O delineamento experimental é uma das etapas mais importantes de um estudo. A distribuição espacial das amostras, profundidade avaliada e escolha do método de amostragem é uma etapa crítica em trabalhos relacionados à fauna do solo, sendo responsável em grande parte pelo sucesso ou fracasso do mesmo. Dessa forma, em estudos de biodiversidade do solo, com foco em invertebrados, as respostas a cinco perguntas devem estar claras para os pesquisadores envolvidos antes do início da amostragem. Sendo elas:

- I) Qual o objetivo de avaliar a fauna do solo, i.e., qual é a principal pergunta científica?
- II) Qual(is) grupo(s) será(ão) avaliado(s) e, por que?
- III) Qual o melhor método (ou combinação de métodos) para os grupos/táxons alvo e, possuímos recurso para isso?
- IV) Qual número de amostras serão realizadas, e como estas estarão distribuídas espacialmente e temporalmente nos diferentes tratamentos?
- V) Quais variáveis ambientais são fundamentais medir para alcançar o objetivo do estudo?

Embora as respostas a estas perguntas parecem claras, o simples exercício de respondê-las permitirá que pesquisadores preencham lacunas metodológicas que muitas vezes apenas são percebidas no momento da análise e interpretação dos resultados e, infelizmente, na maioria dos casos não é possível retornar as áreas/campos experimentais para coleta de amostras e informações.

Seguem alguns exemplos de respostas para as questões acima:

- I) A estrutura do solo tem relação direta com a infiltração de água e emissão de gases do efeito estufa e, como a fauna do solo impacta positivamente na estruturação do solo (veja Brown et al., 2025), compreender as práticas de manejo que favorecem estes organismos é importante no contexto das mudanças climáticas. Esta primeira resposta justifica a amostragem da fauna do solo.
- II) Será avaliada a macrofauna do solo, pois diversos táxons deste grupo são bioturbadores. Aqui definimos o porque escolhemos esse grupo e não a mesofauna, ou a coleta específica de um único táxon.

Já as respostas às perguntas III e IV demandam alguma experiência de campo, que vai sendo obtida ao longo de diversas coletas, pois não é fácil alcançar um equilíbrio entre a viabilidade da amostragem e a qualidade dos dados obtidos.

- III) O método escolhido será a coleta de monólitos e triagem manual, visto que é capaz de coletar eficientemente a maioria dos táxons que compõem a macrofauna e, embora demande considerável mão de obra, no momento possuímos recursos suficientes para a execução.
- IV) Em cada sistema avaliado serão coletados 9 monólitos, de dimensão de 25x25 cm até 0-10 cm de profundidade, distribuídos em três transectos com 20 m de distância entre cada transecto e 20 m de distância entre amostras.

A resposta para a pergunta V é complexa e, também depende dos recursos disponíveis para a execução do trabalho. Para entender melhor a importância das variáveis ambientais, o impacto do histórico das áreas e das propriedades do solo sobre a fauna do solo recomenda-se a leitura de Demetrio et al. (2025). Entretanto, para fins práticos uma possível resposta para essa pergunta seria:

V) Serão avaliadas as propriedades químicas, como pH, nutrientes trocáveis e teor de carbono do solo, pois estes fatores impactam diversos táxons da fauna do solo e, emissões de gases de efeito estufa (GEE). Propriedades físicas como a densidade, macro e microporosidade e capacidade de infiltração de água no solo, pois são propriedades afetadas pelo manejo e também são afetadas pelos organismos do solo, além disso, eles também afetam a emissão de GEE.

Mesmo simplificadas, as respostas anteriores nos atentam a alguns passos importantes existentes entre o objetivo do trabalho e a amostragem para alcançá-lo. Uma discussão aprofundada das questões I a V podem ser encontradas em Brown et al. (2025) e Demetrio et al. (2025). Partindo do pressuposto que estas questões foram respondidas, este capítulo apresentará uma descrição detalhada de como realizar a amostragem da fauna do solo seguindo os três métodos mais utilizados pelos pesquisadores da área.

Quantidade e distribuição das amostras

A quantidade de amostras a serem coletadas, bem como a sua distribuição, na maioria das vezes precisam ser alteradas dependendo do ambiente a ser estudado. Deve-se sempre priorizar a coleta de amostragens em repetições verdadeiras, ou seja, repetir as amostragens no mesmo sistema de uso (e histórico se possível) em diferentes locais, preferencialmente em áreas que sejam espacialmente independentes uma das outras. Estas podem ser, idealmente, áreas diferentes (Figura 1) ou, caso a área seja muito grande (larga escala ou produção comercial), os grids de amostragem devem estar distanciados no mínimo 500 m (Figura 2). Cada grid deve ter no mínimo 3 pontos de amostragem por local para sistemas de uso em larga escala (Figura 1 e 2), enquanto, no caso de áreas experimentais, no mínimo 2 ou 3 pontos (Figura 3), dependendo do número de repetições do tratamento e/ou blocos. Para ambos, larga escala ou parcelas experimentais, o número total desejável deve ser no mínimo 9 pontos para representatividade na análise estatística. Ressaltando que quanto maior o número de pontos amostrais, melhor a representatividade do sistema avaliado e melhor serão os resultados obtidos.



Figura 1. Exemplo de distribuição e número de amostras a serem coletadas em áreas espacialmente independentes. Imagem: Google Earth.



Figura 2. Exemplo de distribuição espacial e número de amostras a serem coletadas em áreas de larga escala. Imagem: Google Earth.



Figura 3. Exemplo de distribuição e número de amostras a serem coletadas em parcelas experimentais. Imagem: Google Earth.

Em áreas declivosas é importante que os pontos amostrais sejam divididos nas diferentes posições da microbacia hidrográfica (por exemplo, terço superior, terço médio, terço inferior) devido, a possíveis variações no tipo de solo, matéria orgânica e umidade ao longo da encosta.

Amostragem da macrofauna segundo o método TSBF

Lista de materiais necessários para a amostragem da macrofauna do solo segundo o método TSBF:

- Pá reta (tipo vanga) x 2
- Réguas ou trena
- Gabarito de metal (25x25 cm x 10 cm, não é obrigatório) x 2
- Bandejas (mín. 30 x 50 cm)
- Sacos plásticos (50 L) resistentes (espessura mínima 0,10 micras) para armazenamento das amostras
- Sacos plásticos pequenos (1000 mL) para coleta de amostras de solo
- Anéis volumétricos metálicos com tampa de metal ou plástico, para coleta de amostras indeformadas; caso não haja tampas, pode-se usar papel filme (PVC) para embalar os anéis
- Frascos plásticos pet com tampa de rosca (80 mL)
- Álcool etílico (96%, mas também pode ser utilizado >80%)
- Pinças para coleta dos invertebrados
- Etiquetas para identificação das amostras; estas podem ser impressas a laser antes em papel autocolante para identificações externas de sacos e frascos e em papel vegetal gramatura >90 g ou papel gramatura >130 g para as etiquetas internas em sacos e frascos
- Lápis ou canetas com tinta que não sai em álcool
- Canetas
- Baldes para ajudar no transporte das amostras de solo
- Caixa de plástico para transporte das amostras indeformadas

Coleta dos monólitos e triagem

Em cada ponto amostral, deve ser demarcada a área de coleta do monólito com o auxílio de um gabarito de metal ou madeira (25 x 25 cm), evitando-se locais que tenham sido pisoteados, linhas de rodado de maquinário agrícola ou trilhas usadas por animais.

A serapilheira dentro da área deve ser retirada e revisada manualmente, coletando-se os animais encontrados, que devem ser colocados imediatamente em frascos contendo álcool ($\geq 80\%$), e previamente identificados com o número da amostra e da camada (P) palha ou (S) serapilheira ou (L) liteira. Em áreas de pastagem ou onde predominam gramíneas, pode não ser possível separar a camada da serapilheira/palhada, portanto, deve-se então considerar como sendo a primeira camada L+0-10 cm. Após a retirada da serapilheira, o restante da amostragem pode ser realizado de duas formas:

1. Cavando uma trincheira em “L” até a profundidade desejada (10, 20 ou 30 cm de profundidade) em volta do monólito (para auxiliar a retirada das camadas do monólito com espessura de 10 cm; Figuras 4 e 5). Nesse caso, o monólito deve ser isolado com a pá reta até 20 cm nos quatro lados, para evitar a fuga dos animais pelas laterais. O solo de cada profundidade deve ser triado imediatamente *in loco* (no próprio local), ou armazenado temporariamente em sacos plásticos até ser triado.

A maior abundância e diversidade da macrofauna do solo se encontra na serapilheira e na camada superficial do solo (0-10 cm de profundidade). Portanto, a depender do objetivo do estudo, é mais interessante coletar até 10 cm de profundidade e, investir o esforço de coleta e triagem na coleta de um número maior de monólitos em cada local/sistema estudado.



Figura 4. Coleta da macrofauna do solo usando o método da mini-trincheira. Foto: George Brown.



Figura 5. Retirada das camadas de solo de 10 cm usando o método da mini-trincheira. Foto: George Brown.

2. O monolito de solo pode também ser coletado sem a necessidade da escavação da trincheira, com o auxílio de um gabarito de metal (Figura 6) ou usando apenas a pá (Figura 7). Entretanto, este último é recomendado para pessoas que já possuam experiência na amostragem da macrofauna devido à maior dificuldade de coleta das camadas em profundidade. Após a demarcação superficial do monólito com ou sem o uso de um gabarito de metal (25 x 25 cm), a pá deve ser inserida no solo até a profundidade de 10 cm, levemente inclinada para frente para manter o ângulo de 90º no corte do solo. Isso deve ser repetido nos quatro lados do quadrado, a fim de isolar o monólito do solo ao redor e reduzir a fuga de organismos de dentro da amostra. Após este procedimento, levanta-se lentamente a pá, retirando os 10 primeiros centímetros do solo, armazenando-o nos sacos plásticos (Figura 8).



Figura 6. Gabarito de metal para coleta da macrofauna do solo até 10 cm profundidade usando o método TSBF. Foto: George Brown.



Figura 7. Coleta do monólito sem a escavação da trincheira. Foto: Marie Bartz.



Figura 8. Coleta finalizada e amostra armazenada em saco plástico. Foto: Marie Bartz.

É importante sempre conferir se o buraco ficou nas dimensões corretas (25 x 25 cm) e que a camada retirada possui exatamente 10 cm de espessura (Figura 9).



Figura 9. Conferência das dimensões do monólito. Foto: Wilian Demetrio.

Em estudos focados em minhocas, as camadas de solo podem ser depositadas em bandejas para serem imediatamente triadas em campo. No entanto, em trabalhos com macrofauna, devido à alta mobilidade de alguns invertebrados e a possibilidade de entrada de animais na amostra, é recomendado o uso de sacos plásticos para o armazenamento das camadas, caso essas não sejam triadas imediatamente. É fundamental conservar os sacos plásticos com as amostras na sombra, em ambiente fresco, longe do calor e de raios solares.

A triagem, um processo lento e trabalhoso, deve ser realizada em local confortável, com bastante iluminação, geralmente ao ar livre (Figura 10) e, preferencialmente, sobre uma mesa, pois requer bastante paciência (uma pessoa demora em média de 1 a 2 horas amostra/camada).



Figura 10. Triagem das amostras *in situ* ao ar livre na Amazônia. Foto: George Brown.

Deve-se colocar uma pequena quantidade de solo de um lado de uma bandeja branca grande e ir destorroando o solo solo no centro da bandeja, retirando todos os animais encontrados, visíveis ao olho nu. À medida que o solo é revisado, passá-lo de um lado a outro da bandeja. Não colocar grande quantidade de solo na bandeja pois se acaba misturando o que já foi visto com o que ainda não foi revisado (Figura 12).



Figura 11. Quantidade de solo a ser colocado na bandeja e procedimento de triagem.

Foto: Wilian Demetrio.

Os frascos de plástico devem estar devidamente etiquetados. Frequentemente, são utilizadas abreviações, sendo essas: A para 0-10, B para 10-20 e C para 20-30 cm. As minhocas podem ser colocadas em formol (4-10%) ou álcool etílico (>80% ou 96% para fins de análise de DNA) e o resto da fauna em álcool >80% ou 96% para fins de análise de DNA. É necessário colocar etiquetas com papel vegetal de gramatura >90 g ou papel de gramatura >130 g dentro do frasco, pois é comum a etiqueta escrita por fora com caneta borrar com vazamento do álcool do frasco. É importante escolher frascos que possuam boa vedação, com boa tampa de rosca, pois no transporte eles podem derramar durante o transporte, e quando chegarem ao destino a fauna da amostra pode estar comprometida.

No laboratório, com o auxílio de um microscópio estereoscópico, a fauna de cada frasco deve ser identificada (veja as características de cada táxon no capítulo 3 deste manual). Os animais pertencentes a cada táxon são contabilizados e, sempre que possível, pesados em balança analítica com precisão de 0,0001 g. A fauna é deixada secar ao ar por um minuto sobre uma toalha de papel, e depois é pesada. O peso é realizado por grupo/táxon. Por exemplo, se forem encontradas 10 minhocas na camada A, as 10 devem ser pesadas juntas (esta informação é relevante para estudos relacionados ao fluxo de energia, para mais informações veja Buchkowski et al., 2023).

Atenção: Quando análises genéticas dos organismos estão planejadas, não deve ser utilizado o formol, pois este destrói o DNA, devendo este ser substituído por álcool >96%.

Registro dos dados e outras informações

Sempre que possível, a macrofauna deve ser identificada em nível de família, gênero ou espécie, principalmente para táxons que possuem diversos hábitos alimentares (besouros, formigas, entre outros). Todos os dados devem ser inseridos numa planilha de Excel, contendo informações por coluna de: nome do projeto, município, data da amostragem, os dados das amostras (acrônimos, numeração dos blocos ou repetições, camada amostrada, etc., referente a cada monólito) e dos táxons encontrados. Um modelo padrão de planilha pode ser baixado usando este link: <https://zenodo.org/records/10956013>.

Tabela 1. Exemplo de planilha para a inserção dos dados.

Sistema de uso	Nº monólito	Profundidade superior (cm)	Profundidade inferior (cm)	Crassiclitellata	Isoptera	Formicidae	...	Total
Floresta	1	Liteira	0					
Floresta	1	0	10					
Floresta	1	10	20					
Floresta	1	20	30					
Floresta	2	Liteira	0					
...								

Tabela 2. Principais grupos taxonômicos da macrofauna do solo encontrados no solo, seus nomes comuns e grupos funcionais. Para uma lista completa, veja Brown et al. (2025).

Grupo taxonômico	Nome comum	Grupos funcionais
Araneae	Aranhas	Predadores
Blattaria	Baratas	Detritívoros, fitófagos, onívoros
Chilopoda	Centopeias	Predadores
Coleoptera	Besouros, larvas, corós	Rizófagos, predadores, detritívoros
Crassiclitellata	Minhocas	Geófagos, detritívoros, onívoros
Dermoptera	Tesourinhas	Onívoros, predadores
Diplopoda	Milipéias, piolho-de-cobra	Detritívoros, fitófagos (algumas espécies)
Diptera larva	Larvas de moscas	Detritívoros, predadores, parasitas
Formicidae	Formigas	Geófagos, detritívoros, rizófagos
Gastropoda	Caracóis e lesmas	Fitófagos, detritívoros
Heteroptera	Percevejos	Rizófagos, predadores, parasitas
Homoptera	Cigarras	Rizófagos
Isopoda	Tatuzinhos-de-jardim	Detritívoros
Isoptera	Cupins	Geófagos, detritívoros, fitófagos
Lepidoptera larva	Lagartas	Fitófagos, predadores, simbiontes
Sympyla	Sinfilos	Detritívoros, predadores, Fitófagos (algumas espécies)
Orthoptera	Grilos, gafanhotos e paquinhas	Rizófagos
Pseudoscorpionidae	Pseudoescorpiões	Detritívoros, predadores

A Tabela 3 inclui uma lista de variáveis importantes que, sempre que possível, devem ser incluídas nos estudos da fauna do solo.

Tabela 3. Lista de variáveis metodológicas, biológicas, de solo e ambientais que devem ser incluídas, quando possível, em estudos da macrofauna.

Atributos	Variáveis	Descrição unidades
Metodológicos	Tamanho da amostra	Dimensões do monólito (e.g., 20x20, 25x25, 30x30 cm), diâmetro e volume do cilindro e tamanho da armadilha de queda usada.
	Número de amostras	Número de amostras e desenho amostral usado em cada sistema avaliado
	Profundidade da amostragem	Serapilheira/liteira, 0-10, 0-20 cm. Cilindros de metal (serapilheira - 5 cm de profundidade)
	Soluções de coleta e preservação	Álcool ou formol (especifique a concentração) como líquido de preservação e, o líquido e as concentrações usados para armadilhas de queda
	Identificação de cada táxon	Forneça o nome de cada táxon identificado e, quando não for encontrado, especifique 0 para o táxon; quando não for possível identificar o táxon, forneça a identificação em resolução mais alta, por exemplo, larvas de insetos.
Biológicos	Densidade de cada táxon	Indivíduos por m ²
	Biomassa dos táxons (apenas para a macrofauna)	Gramas por m ²
Solo	Análise química de rotina	pH, Ca, Mg, K, matéria orgânica total e das frações areia, silte e argila
	Análise granulométrica	Porcentagem ou gramas de areia, silte e argila por kg
	Densidade do solo	Gramas por cm ³
	Localização	Coordenadas geográficas (preferencialmente em graus decimais)
	Clima	Tipo climático segundo Köppen
	Época de amostragem	Seca ou úmida
Ambientais	Coleta	precipitação no mês de amostragem e nos três meses anteriores
	Vegetação	Nativa (floresta ou pastagem) ou agrícola (cultura anual, perene, pomar, etc.), especifique também a cultura(s) no momento da coleta
	Histórico e manejo do solo/área	Rotação de culturas, sistema de preparo, adubação e uso de agrotóxicos

Amostragem da macro e mesofauna usando armadilhas de queda (*Pitfall traps*) e funis Berlese-Tullgren

Com o objetivo de demonstrar a amostragem usando as armadilhas *pitfall* e funis Berlese-Tullgren diferentes pontos no Campus Capão do Leão da UFPel (Figura 12) foram amostrados. Optou-se por áreas com diferentes usos do solo, os quais são identificados como: **Área de mata** (local A), **área de gramado** (local B), **área de cultivo de hortaliças** (local C) e **área com vegetação espontânea** (local D).

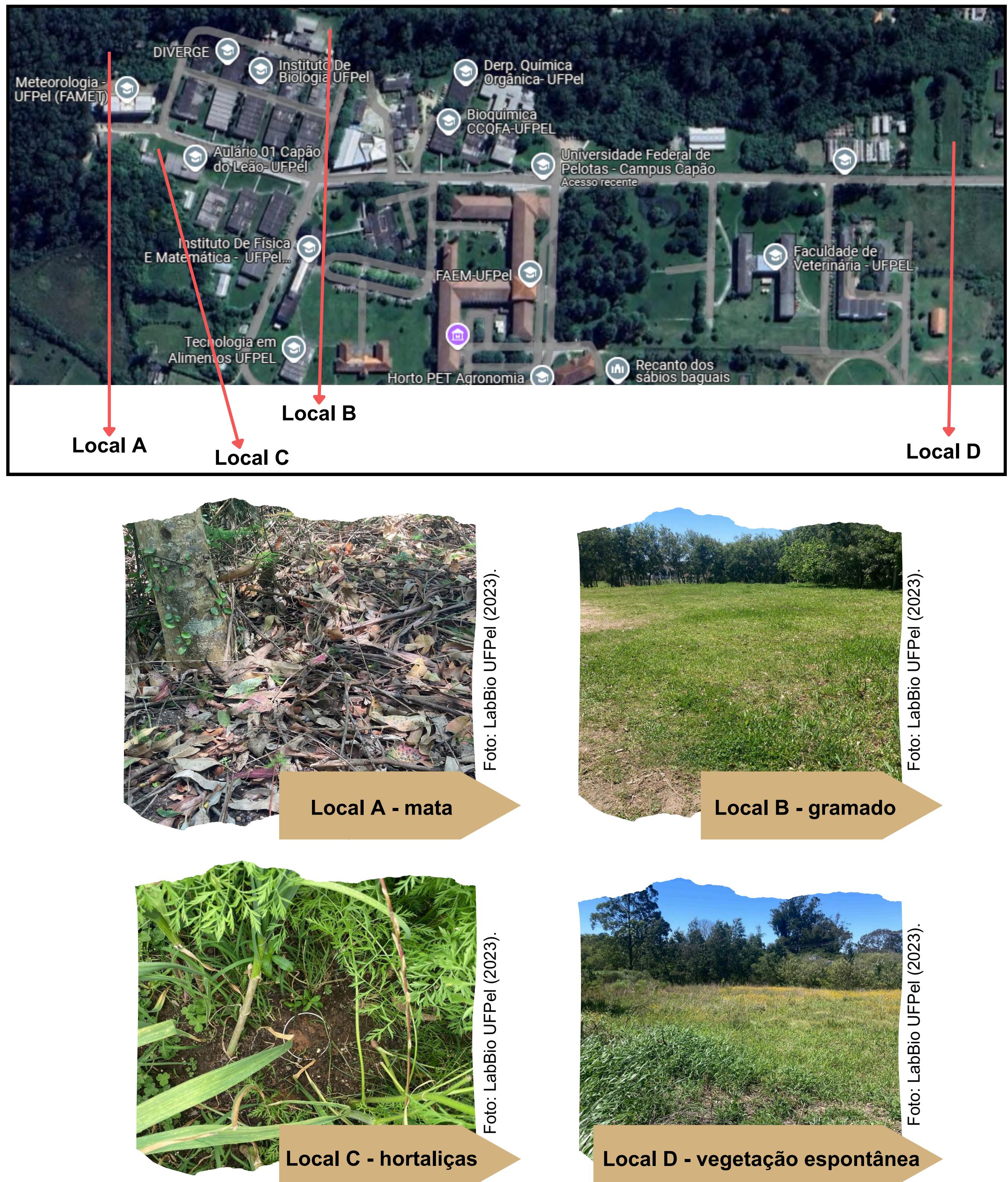


Figura 12. Mapa do Campus Capão do Leão da UFPel e, os locais de amostragem. Imagem: Google Earth.

A amostragem de solo e a instalação de armadilhas de queda para captura dos organismos da fauna do solo deve ser feita da seguinte forma:



Foto: LabBio UFPel (2023).

Utilizando uma marreta e base de madeira se introduz um cilindro metálico na camada de 0-10cm, capturando os organismos que habitam o interior do solo. A serrapilheira/literia não deve ser removida durante a amostragem;



Foto: LabBio UFPel (2023).

No local em que foi retirado o cilindro, instala-se uma armadilha de queda, sendo geralmente utilizados potes plásticos de 500 mL com tampa de rosca (potes usados para mel), com 200 mL de solução de formol 4% (diluir 20 mL de formol em 180 mL de água), para captura dos organismos que ficam a serrapilheira/solo, as quais permanecem por 7 dias no campo.



Foto: Lilianne Bruz.

A 10cm da armadilha fixa-se uma estaca para dar suporte a uma telha que serve de proteção contra a chuva e incidência solar durante a permanência em campo.

Para coletar a fauna que vive o interior do solo utilizam-se cilindros de aço com volume conhecido (por exemplo, altura = 10 cm; Ø= 8,5 cm), que após a coleta devem ser refrigerados a 4 °C até serem levados aos extratores.



Foto: LabBio UFPel (2023).



Foto: LabBio UFPel (2023).

No laboratório, os organismos do solo são extraídos pelo método do Funil de Tullgren, no qual cada amostra é colocada na parte superior do funil, sobre uma peneira de Ø 2 mm. Em seguida, lâmpadas de 40 watts são ligadas por um período de 48 horas. A ação da luz e do calor, faz com que os organismos se desloquem para baixo, e assim sejam capturados pelo copo coletor com álcool 80% ou formol 4%, instalado na base dos funis.



Foto: LabBio UFPel (2023).



Foto: LabBio UFPel (2023).

Por fim, os organismos são identificados, contabilizados e fotografados em estereomicroscópio.

As placas de Petri com marcações quadriculadas auxiliam ainda mais a contagem dos organismos.



Muitas variações dos métodos de Berlese-Tullgren e da armadilha de queda (*pitfall trap*) foram propostas. Alguns exemplos de métodos publicados para amostragem de Berlese-Tullgren estão disponíveis em Aquino et al. (2006) e Bruckner (2024). A padronização da armadilha de queda (*pitfall trap*) foi proposta por Duela et al. (1999), embora outras propostas também estejam disponíveis (veja Brown & Matthews, 2016).

Aqui, ilustramos um método que tem sido por muitos anos amplamente utilizado no campus da UFPel.

A largura do cilindro/amostrador usado na coleta requer cuidado especial, pois estes devem ser escolhidos com base dimensão dos extratores de calor. Cilindros maiores exigirão extratores de calor de maior largura. O tempo de extração e o controle da temperatura também são importantes. Lâmpadas mais potentes não devem ser utilizadas, pois secam o solo muito rapidamente. As lâmpadas também devem estar suficientemente distantes da amostra para não secar o solo muito rapidamente. Reguladores de intensidade luminosa também podem ser usados para controlar a intensidade da luz e do calor. Lâmpadas de LED não devem ser utilizadas, pois não fornecem calor. O tempo de extração pode durar até uma semana, dependendo da umidade da amostra e da intensidade do calor. Idealmente, o solo deve estar seco quando a extração for finalizada.

Para as armadilhas de queda, frascos de vários tamanhos podem ser usados. Ilustramos um frasco com tampa de rosca, pois isso facilita a inserção no solo e reduz a contaminação do fluido preservativo com partículas de solo e serrapilheira. Vários fluidos preservativos podem ser usados, e considerar o tempo de permanência no campo é importante na decisão de qual usar. Um líquido que rompa a tensão superficial, como gotas de detergente, também deve ser usado, para ajudar os animais a descerem para o fundo do líquido.

Capítulo 3

Características e identificação
dos grupos taxonômicos da macro
e mesofauna do solo

Introdução

A fauna do solo é extremamente diversa e, como abordado anteriormente, uma das classificações mais usadas para a fauna do solo é em relação ao tamanho dos organismos, separando-a em microfauna, mesofauna e macrofauna. Todos esses grupos estão relacionados a diversas funções do solo, entre elas, a decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, estruturação, predação, entre outros. Devido à essas funções, estes organismos também podem ser agrupados em outros grupos e subgrupos como, por exemplo, alguns organismos da macrofauna são considerados como engenheiros do ecossistema (Lavelle et al., 1997), pois são bioturbadores e/ou geófagos, afetando atributos físicos do solo, como estrutura, porosidade e infiltração de água. Neste grupo destacam-se principalmente as minhocas, os cupins, algumas espécies de formigas, besouros e milipéias. Já os organismos da mesofauna são considerados reguladores biológicos, predando ou estimulando a microfauna e os microrganismos do solo através da fragmentação e redistribuição dos resíduos vegetais (Coleman et al., 2017), embora os enquitreídeos também possam ser considerados engenheiros de ecossistemas em uma escala menor (Conti & Mulder, 2022).

Os invertebrados edáficos, em geral, encontram-se nos primeiros centímetros do solo, vivendo principalmente na interface solo-serapilheira. Já que, é neste local que se encontra a maior concentração de matéria orgânica, raízes e também microrganismos e, consequentemente, maior quantidade de alimento disponível a estes animais (Brown et al., 2018). Conforme a profundidade do solo aumenta, a quantidade de organismos vai diminuindo, permanecendo somente espécies mais adaptadas a viver nas camadas mais profundas do solo (Brown et al., 2025). Essas diferentes adaptações a vida no solo também podem ser usadas para dividir a fauna edáfica três categorias conforme a adaptação destes organismos para viverem em diferentes profundidades do solo, sendo eles: epígeos, hemiedáficos (incluindo organismos anécicos e epi-endogeicos) e edáficos ou endogeicos.

A fauna epigeica é composta pelos transformadores da serapilheira, os quais podem ser saprófitos, detritívoros e predadores e, não ingerem solo. As populações hemiedáficas habitam o solo e costumam se movimentar até a superfície ocasionalmente através de galerias permanentes ou não. Já os organismos edáficos ou endogeicos são os euedáficos passando a maior parte da vida no solo e raramente vão à superfície (Brown et al., 2025). Todas as classificações apresentadas ajudam-nos a compreender melhor o papel dos diferentes táxons da fauna do solo. Entretanto, embora alguns sejam abundantes e, portanto, facilmente identificados como, por exemplo, minhocas, formigas e besouros, é comum haver dificuldade em identificar alguns invertebrados, mesmo em nível de Classe ou Ordem. Isso ocorre devido à alta diversidade morfológica observada dentro destes grandes grupos taxonômicos, causando muitas vezes confusão, principalmente em pesquisadores que estão iniciando os estudos nesta área. Dessa forma, esse capítulo tem como objetivo auxiliar na identificação dos principais táxons que ocorrem no solo, geralmente a nível de classe, ordem ou família. É importante ressaltar, que para alguns grupos, principalmente, aqueles que possuem diversos hábitos alimentares, como os besouros, a identificação a nível de família ou gênero é recomendada, permitindo assim identificar corretamente o hábito alimentar dos organismos e a geração de informações importantes sobre as comunidades, as funções que desempenham e serviços ecossistêmicos prestados.

ARACNÍDEOS

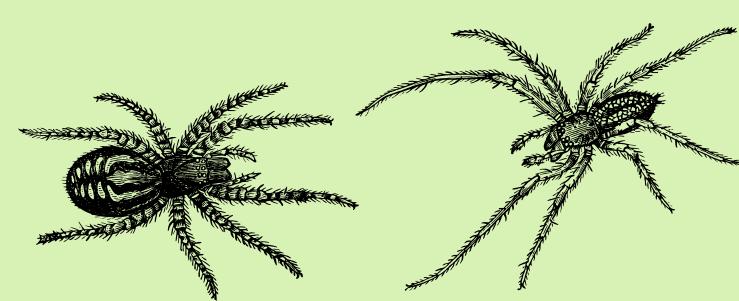
(em inglês, *arachnids*)

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Subfilo: Chelicerata

Classe: Arachnida



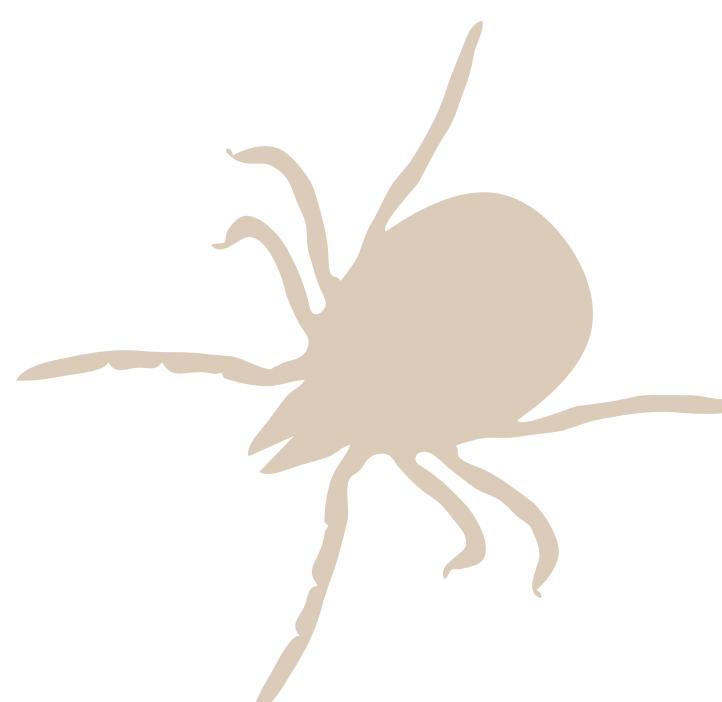
Características:

- Ausência de antenas;
- 4 pares de pernas;
- 1 par de quelíceras (“presas”).

Ácaros

(em inglês, *mites*)

Sub-classe: Acari

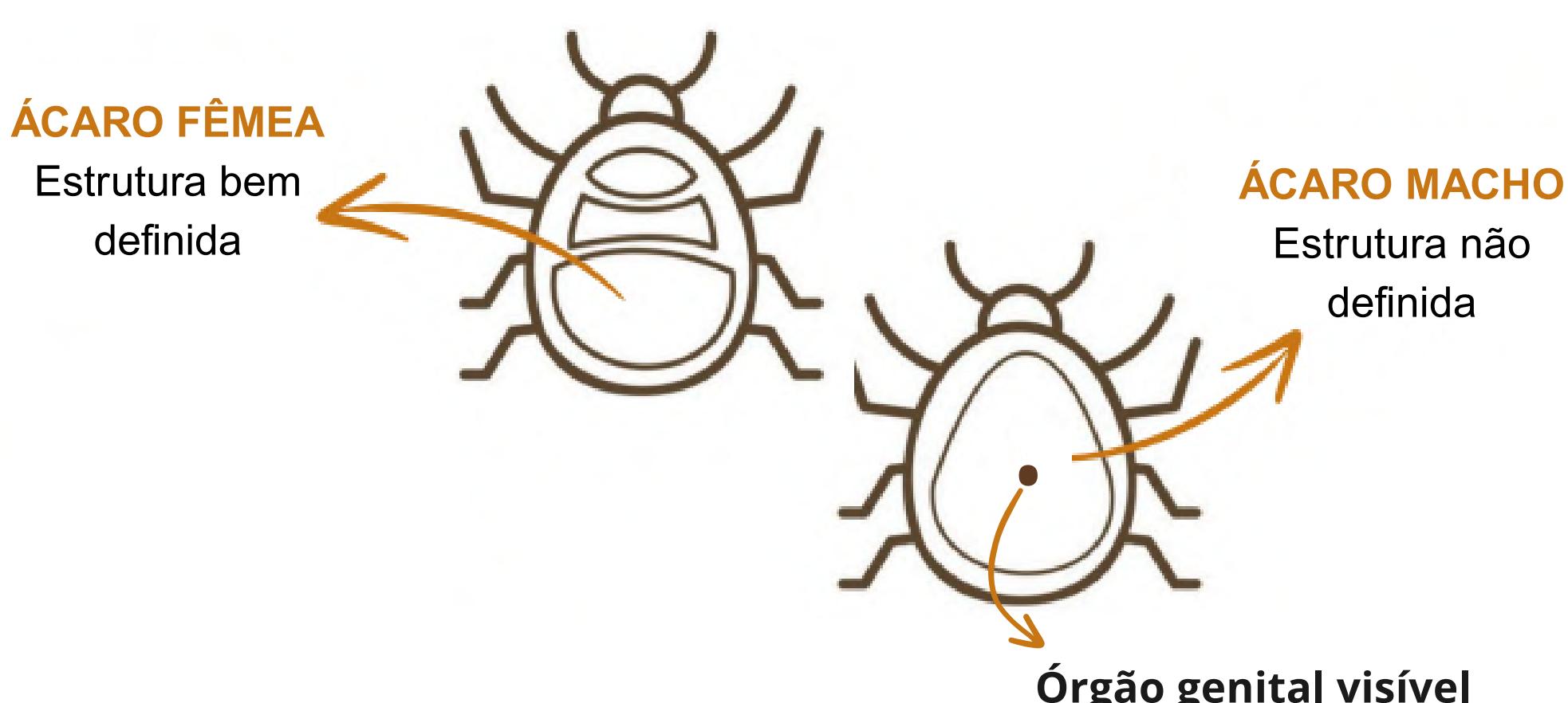


Características:

- Pertencem à mesofauna do solo;
- 4 pares de pernas (adulto);
- Corpo arredondado ou alongado;
- Exoesqueleto quitinoso (estrutura rígida);
- Não possuem segmentação corporal.



Ácaro visto no microscópio estereoscópico
(Foto: LabBio UFPel, 2023).



Os Ácaros podem ser classificados em **decompositores, predadores e fitófagos**:

Decompositores

- Detritívoros e microbívoros;
- Oribatídeos se alimentam de fungos, bactérias, algas, líquens e detritos vegetais em decomposição;
- São os ácaros mais abundantes no solo, especialmente em solos ricos em matéria orgânica;
- Relativamente grandes e envoltos por um exoesqueleto duro;
- Sensíveis à perturbação do solo e à degradação estrutural, por isso são bons indicadores da qualidade do solo;
- Não são capazes de criar poros no solo;
- Apresentam **tricobótrias**, órgão que os diferencia dos demais.

- Pragas agrícolas;
- Quelíceras modificadas em forma de estiletes para perfurarem partes da planta;
- Apresentam **quelíceras** que são usadas para comer.

Fitófagos

Predadores

- São os predadores mais importantes da micro e mesofauna do solo;
- Alimentam-se de nematoides, enquitreídeos, colêmbolos, outros ácaros e pequenos insetos e suas larvas;
- Servem como presas de artrópodes maiores, proporcionando uma importante ligação entre a microfauna e a macrofauna do solo.



Ácaro predador (Foto: LabBio UFPel, 2024).



Ácaro oribatídeo (Foto: Miguel Macado, <https://www.inaturalist.org/photos/428408037>).



Ácaro mesostigmata (Foto: Gustavo Schiedeck).

Observações e importância funcional:

Se dispersam de várias maneiras: pegando carona em mamíferos, pássaros e insetos, bem como pelo vento ou pela água. A maioria dos ácaros vive no solo e sua função ecológica varia dependendo da família. A identificação geralmente é realizada com espécimes fêmeas.

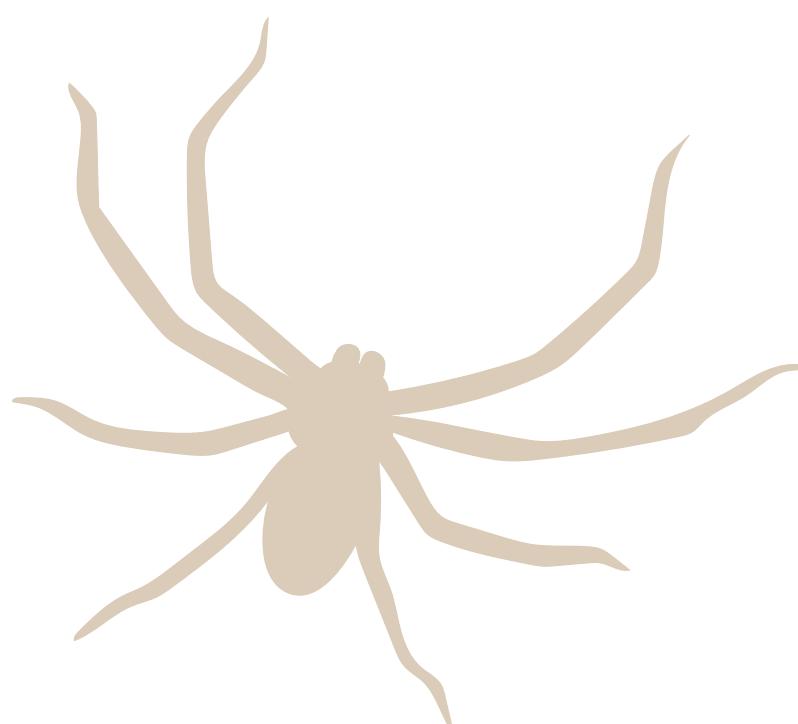
Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link: <https://www.inaturalist.org/taxa/52788-Acari>



Aranhas

(em inglês, *spiders*)

Ordem: Araneae



Características:

- São parte da macrofauna do solo;
- Corpo segmentado em céfalo-tórax e abdômen;
- 1 par de pedipalpos (anterior ao primeiro par de pernas).



Oxyopes aglossus
(Foto: Mattheu Lindsey,
<https://www.inaturalist.org/photos/390330397>).



Stenochilus scutulatus
(Foto: Naveen Iyer,
<https://www.inaturalist.org/photos/149577338>).



Hasarius adansoni
(Foto: Lucas Vasconcellos,
<https://www.inaturalist.org/photos/368185855>).

Observações e importância funcional:

Bastante abundantes na camada de serapilheira, também podem ser encontradas na camada de solo de 0 - 10 cm. As aranhas são predadoras ativas de muitos outros animais que vivem no solo e na serapilheira.

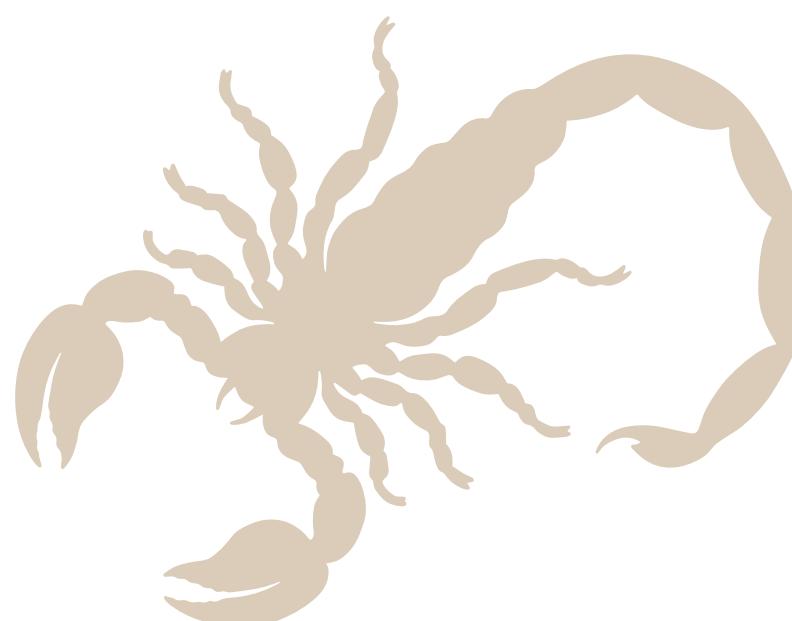
Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:
<https://www.inaturalist.org/taxa/47118-Araneae>



Escorpiões

(em inglês, *scorpions*)

Ordem: Scorpiones



Características:

- Pertencem à macrofauna do solo;
- Possuem pedipalpos modificados em forma de garras e um ferrão (telson) no final do abdômen usado para inoculação de veneno.

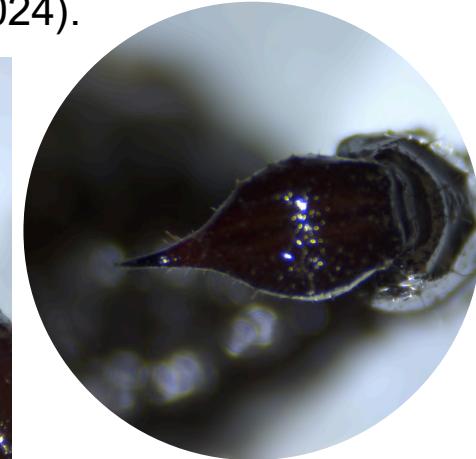
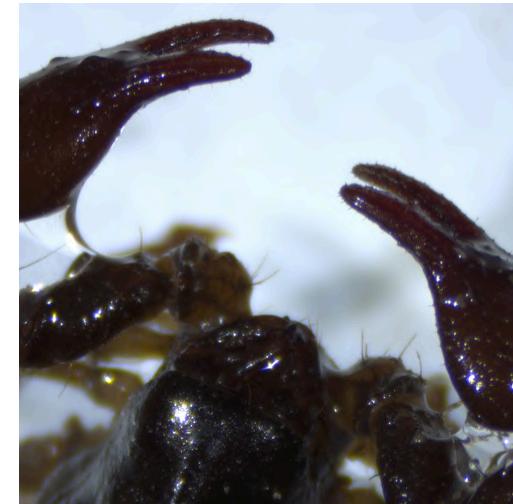


© Ísis Medri

Escorpião-Amarelo - *Tityus serrulatus*

(Foto: Ísis Medri, <https://www.inaturalist.org/photos/269833630>).

Foto: LabBio UFPel (2024).



Opistophthalmus macer (Foto: Klaus Wehrlein, <https://www.inaturalist.org/photos/348507765>).

Observações e importância funcional:

Algumas espécies possuem rituais de acasalamento elaborados, semelhantes a "danças". Os escorpiões são predadores ativos de muitos animais que vivem no solo e na serapilheira.

Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:

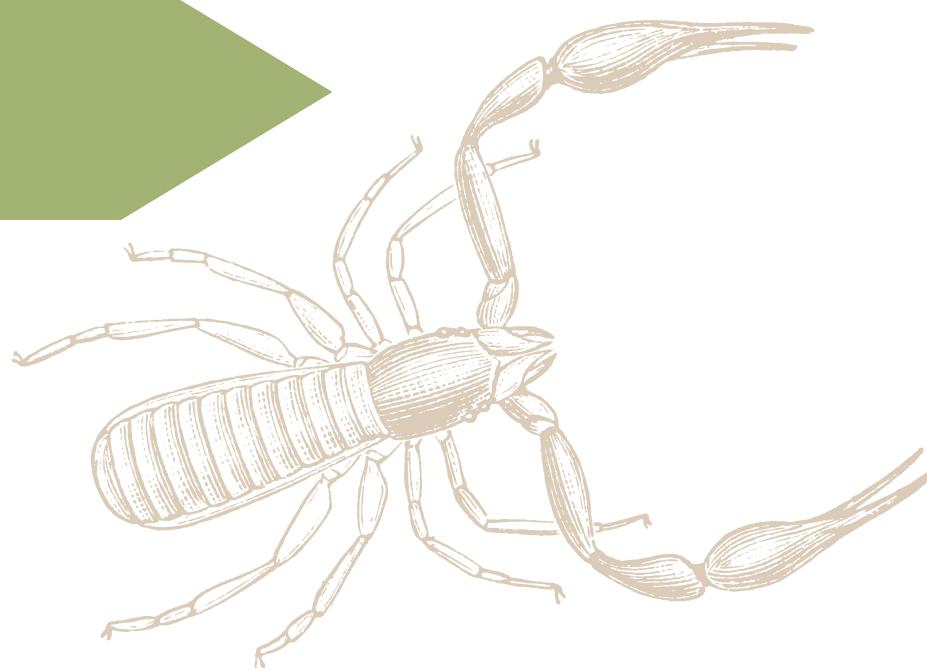
<https://www.inaturalist.org/taxa/48894-Scorpiones>



Pseudoescorpiões

(em inglês, *pseudoscorpions*)

Ordem: Pseudoscorpiones



Características:

- Pertencem à meso e a macrofauna do solo;
- possuem pedipalpos modificados em forma de garras como os escorpiões, mas não possuem o telson (ferrão).



Hysterochelifer tuberculatus

(Foto: Julien Tchilinguirian,

<https://www.inaturalist.org/photos/287532869>).



Hysterochelifer tuberculatus

(Foto: Julien Tchilinguirian,

<https://www.inaturalist.org/photos/287542374>).

Observações e importância funcional:

Pseudoescorpiões são raros, geralmente observados em áreas bem preservadas. Alguns espécimes maiores podem ser coletados pelo método TSBF. São predadores ativos de membros menores da fauna do solo e da serapilheira.

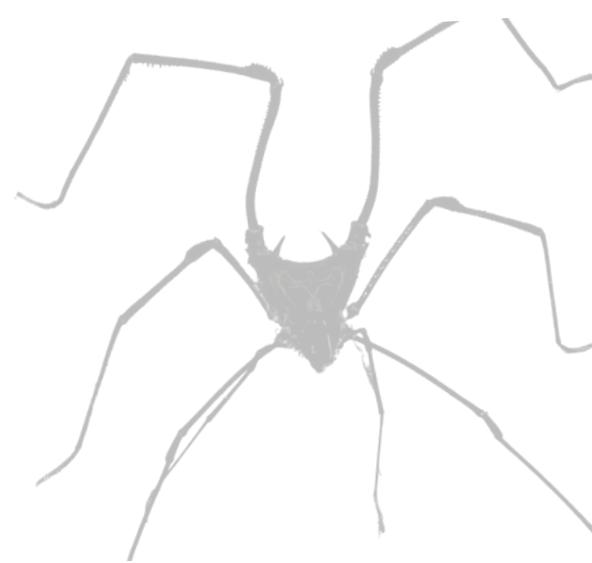
Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:
<https://www.inaturalist.org/taxa/172373-Pseudoscorpiones>



Opiliões

(em inglês, *harvestmen*)

Ordem: Opiliones



Licornus atroluteus

(Foto: Philipp Hoenle,
<https://www.inaturalist.org/photos/166002312>).



Mischonyx squalidus

(Foto: Tssss,
<https://www.inaturalist.org/photos/90475033>).



Opilião (Foto: Ana Cristina Almeida, <https://www.inaturalist.org/photos/407854868>)

Observações e importância funcional:

Encontrados na serapilheira, são raros, geralmente observados em áreas bem preservadas.

Os opiliões se alimentam de uma variedade de substratos (vegetais e animais), atuando tanto como predadores quanto como necrófagos.

Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:

<https://www.inaturalist.org/taxa/47367-Opiliones>

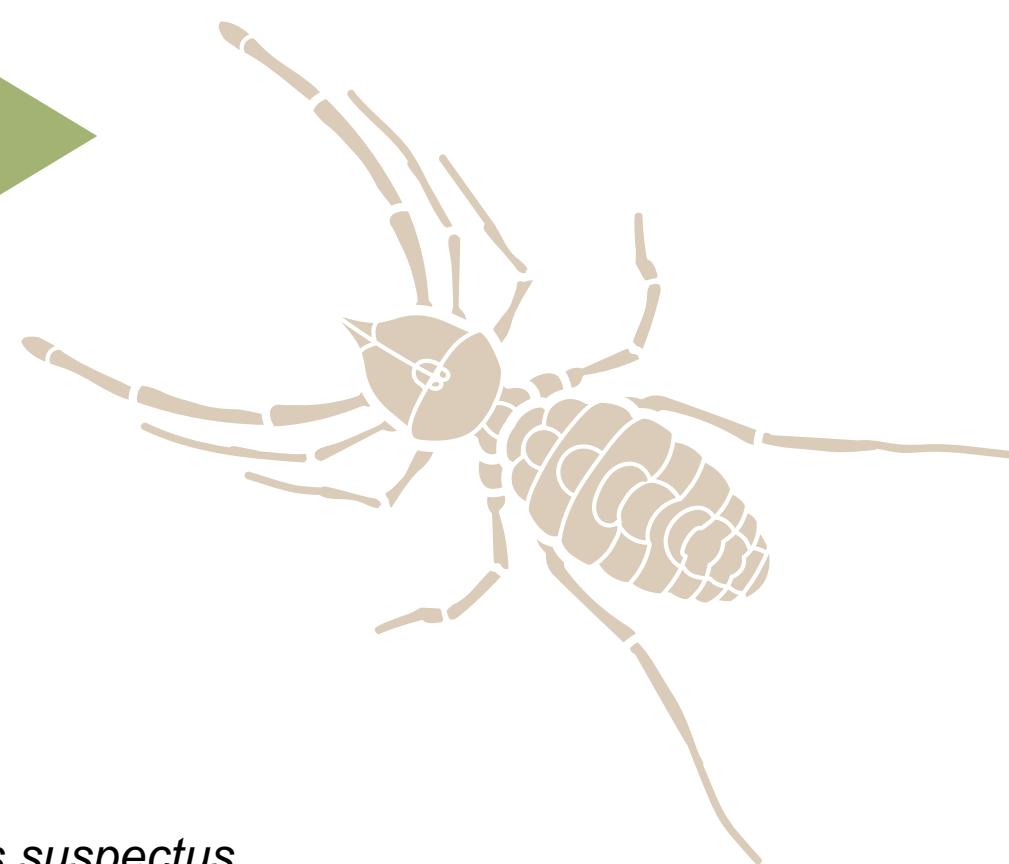


Aranhas-camelo

(em inglês, *camel spiders*)

Ordem: Solifugae

- Pertencem à meso e a macrofauna do solo;
- O abdômen é geralmente alongado;
- Possuem as quelíceras bem desenvolvidas.



Eremobates suspectus

(Foto: Raymond Wyatt Mendez,
<https://www.inaturalist.org/photos/166002312>).



Gylippus caucasicus

(Foto: Armen Seropian,
<https://www.inaturalist.org/photos/90475033>).

Observações e importância funcional:

Este predador é bastante raro, geralmente encontrado em ambientes mais secos.

Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:

<https://www.inaturalist.org/taxa/47824-Solifugae>



Escorpião-vinagre

(em inglês, *whip scorpions* ou *vinegaroons*)

Ordem: Uropygi

- Pertencem à macrofauna do solo;
- Possuem pedipalpos grandes e espinhosos;
- O primeiro par de pernas é alongado e tem função sensorial;
- Possuem um flagelo caudal fino e segmentado.



Mastigoproctus floridanus

(Foto: John Serrao,

<https://www.inaturalist.org/photos/166002312>).



Amauromastigon maximus

(Foto: flavioubaid,

<https://www.inaturalist.org/photos/174680593>).

Observações e importância funcional:

Raros em amostras de solo ou serapilheira, os escorpiões-vinagre, são importantes predadores de presas acima e abaixo do solo.

Para mais informações e fotos acesse o QR code
ou o link:

<https://www.inaturalist.org/taxa/48900-Uropygi>



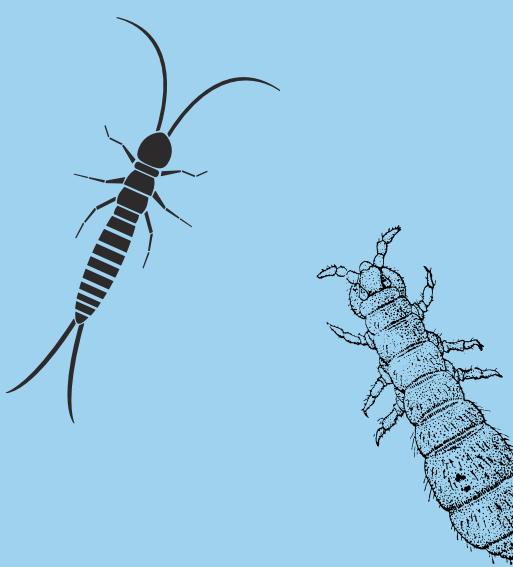
ENTOGNATHA

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Subfilo: Hexapoda

Classe: Entognatha



Características:

- Corpo dividido em cabeça, tórax e abdômen;
- Possuem 1 par de antenas;
- Possuem 3 pares de pernas;
- Possuem furca, uma estrutura usada para saltar;
- Não possuem asas.

Colêmbolos

(em inglês, *springtails*)

Sub-classe: Collembola

Características:

- Pertencem à mesofauna do solo;
- Possuem furca (as vezes escondida);
- Três pares de pernas;
- Corpo mais alongado ou esférico;
- Não possuem asas;
- Um par de antenas;
- Podem apresentar pilosidade no corpo.



Foto: LabBio UFPel (2022).

ORDEM SYMPHYPLEONA

- Corpo arredondado;
- Antenas longas;
- Vivem na serapilheira (epigeicos), e se movem rapidamente (bons saltadores).

- Corpo mais alongado;
- Antenas curtas;
- Vivem principalmente no solo (endogeicos) e são mais lentos.

ORDEM PODUROMORPHA

ORDEM ENTOMOBRYOMORPHA

- Corpo alongado;
- Antenas longas;
- Furca bem visível;
- Corpo apresenta pilosidade;
- Vivem na serapilheira (epigeicos), e se movem rapidamente (bons saltadores).



Colêmbolo da Ordem Entomobryomorpha
(Foto: LabBio UFPel, 2022).



Colêmbolo da família Dicyrtomidae
(Foto: Damien Brouste,
<https://www.inaturalist.org/photos/45740181>).



Observações e importância funcional:

A furca é um apêndice bifurcado e, quando liberada, atua como uma mola, permitindo que se impulsionem várias vezes o comprimento do corpo. Algumas espécies de colêmbolos são predadoras de nematoides ou outros colêmbolos e seus ovos, mas a maioria se alimenta de hifas e esporos de fungos, bactérias e material vegetal em decomposição, acelerando assim a decomposição da matéria orgânica ao ingerir serrapilheira e produzir excrementos. Dessa forma, alteram indiretamente o ciclo do carbono ao ajudar os microrganismos na decomposição, aumentando a área de superfície do material vegetal morto, tornando-o mais acessível ao ataque microbiano. Os colêmbolos não criam túneis nem escavam ativamente o solo, mas desempenham um papel na alteração da estrutura do solo, liberando milhões de pelotas fecais por m², o que, além dos efeitos estruturais, é benéfico para as plantas, pois proporciona uma liberação lenta de nutrientes.

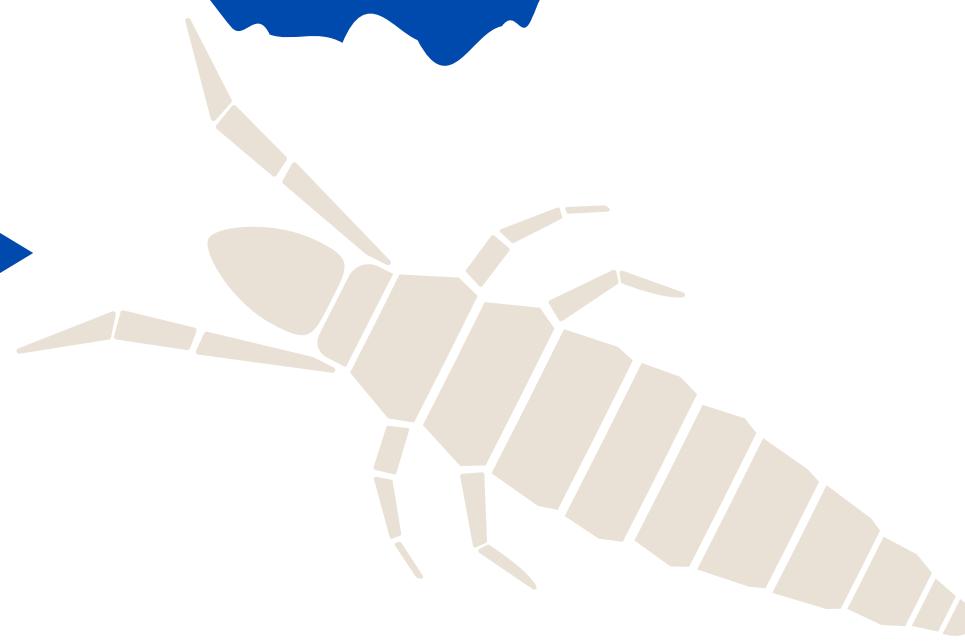


Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:
<https://www.inaturalist.org/taxa/49470-Collembola>

Proturos

(em inglês, *proturans*)

Ordem: Protura



Características:

- Pertencem à mesofauna do solo;
- Semelhante aos colêmbolos, são artrópodes sem asas e seu aparelho bucal é entognato, o que significa que está retraídos dentro da cápsula céfálica;
- Corpo cilíndrico, pontiagudo em ambas as extremidades;
- Não pigmentados, pálidos ou amarelos;
- Sem asas, antenas e olhos;
- O adulto possui 12 segmentos abdominais.



Proturo observado em microscópio estereoscópico (Foto: Michael Caterino, <https://www.inaturalist.org/photos/222062964>).



Exemplo de proturo (Foto: Zachary Dankowicz, <https://www.inaturalist.org/photos/276453688>).

Observações e importância funcional:

Fazem parte da comunidade de decompõsores de matéria orgânica do solo e da serapilheira. Também se alimentam de hifas de fungos e servem como presas importantes para pequenos predadores, como aranhas e ácaros. Quando perturbados, os proturans levantam a ponta do abdômen em uma postura defensiva semelhante à dos escorpiões.

Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:

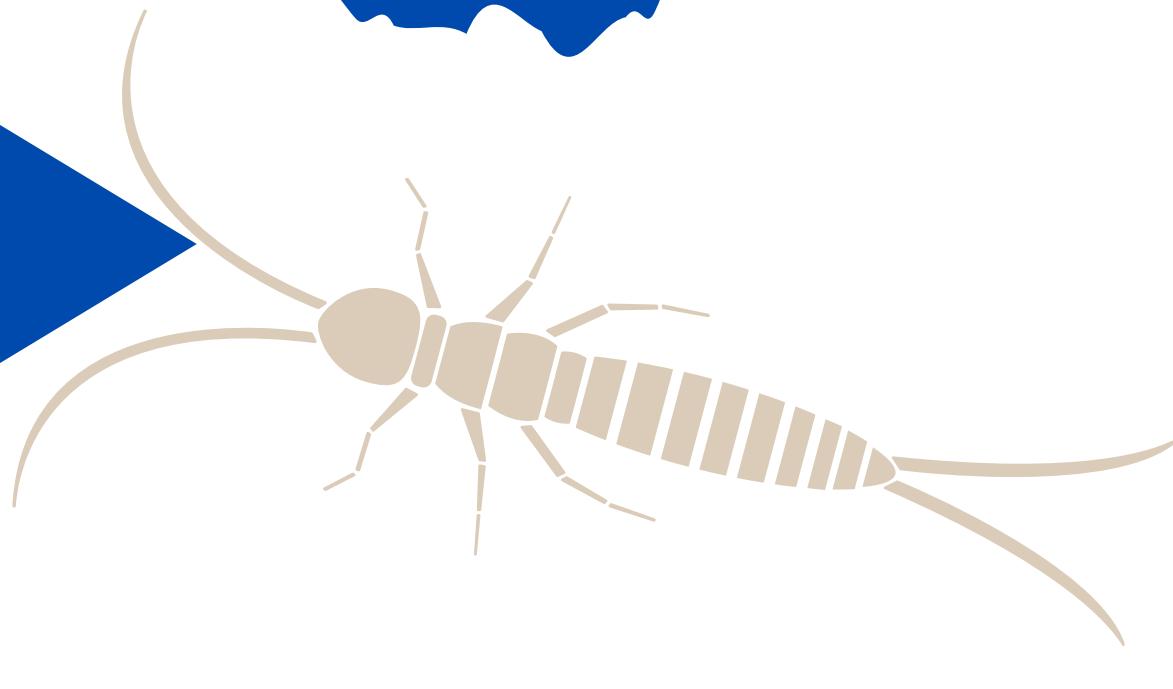
<https://www.inaturalist.org/taxa/83242-Protura>



Dipluros

(em inglês, *diplurans*)

Ordem: Diplura



Características:

- Pertencem à macro e mesofauna do solo;
- Possuem cerco no final do abdômen em forma de pinça ou filamentos.



Diplura com cerco na forma de pinça (Foto: Elliott Smeds, <https://www.inaturalist.org/photos/111070657>).



Diplura com cerco na forma de pinça
(Foto: César Favacho, <https://www.inaturalist.org/photos/44352401>).

Observações e importância funcional:

Bastante semelhantes às tesourinhas (Ordem Dermaptera), os Diplura apresentam pouca ou nenhuma pigmentação e peças bucais retraídas, características da classe Entognatha. São importantes organismos predadores. Espécies com formato de pinça são predadoras, enquanto espécies com cercos em forma de filamentos são detritívoras, onívoras ou fungívoras.



Diplura do gênero *Campodea*
(Foto: Tobias Gratzer, <https://www.inaturalist.org/photos/254477812>).



Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link
(<https://www.inaturalist.org/taxa/56215-Diplura>)

INSETOS

(em inglês, *insects*)

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Subfilo: Hexapoda

Classe: Insecta



Características:

- Possuem o corpo dividido em cabeça, tórax e abdômen;
- Possuem 3 pares de pernas articuladas e 1 par de antenas;

Abelhas e mamangavas

(em inglês, *bees* e *bumblebees*)

Subclasse: Pterygota

Ordem: Hymenoptera

Família: Apidae



Características:

- 2 pares de asas;
- Aparelho bucal do tipo mastigador;
- Podem apresentar ferrão.



Xylocopa virginica (Foto: Glenn Berry, <https://www.inaturalist.org/photos/155262792>).



Observações e importância funcional:

Raramente encontradas em amostragens de fauna do solo, muitas espécies nidificam no solo. Polinizadores essenciais de muitos tipos de plantas.

Bombus melanopygus (Foto: Tony Ernst, <https://www.inaturalist.org/photos/145652517>).



Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:

<https://www.inaturalist.org/taxa/47221-Apidae>

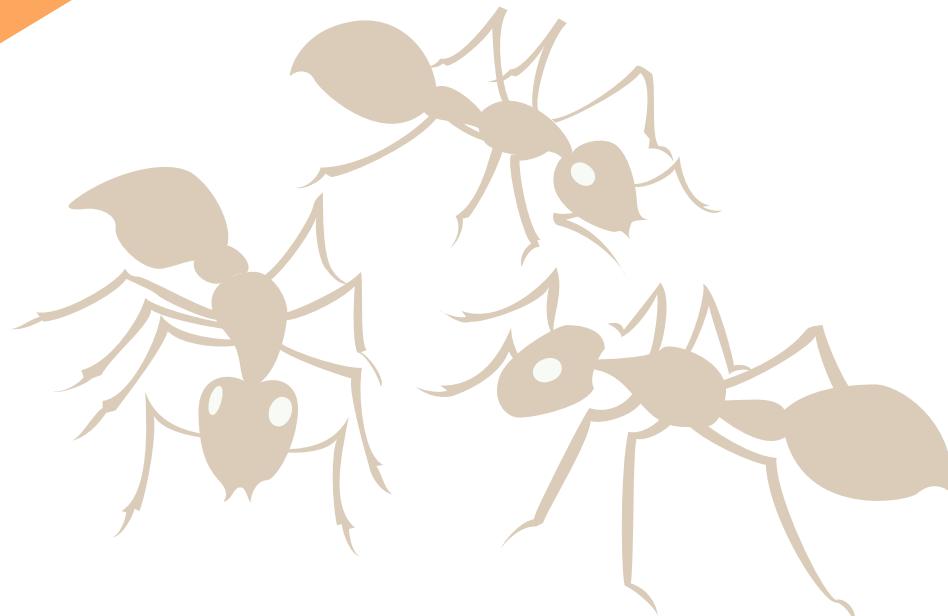
Formigas

(em inglês, *ants*)

Subclasse: Pterygota

Ordem: Hymenoptera

Família: Formicidae



Características:

- São parte da macrofauna do solo, embora existam diversas espécies muito pequenas;
- Aparelho bucal tipo mastigador;
- Possuem antenas geniculadas (cotoveladas);
- Possuem uma estrutura em forma de nó na sua cintura (ligação entre tórax e abdômen).



Gênero *Solenopsis* (Foto: Jake Nitta,



Formiga saúva - *Atta laevigata*

(Foto: Tsssss,



Gênero *Pachycondyla* (Foto: Guilherme Martinello,

Observações e importância funcional:

Coletadas abundantemente em monólitos de solo, funis de Berlese-Tullgren e armadilhas de queda, as formigas são importantes para muitas funções do solo. Podem criar ninhos muito grandes no solo e algumas espécies são pragas agrícolas ou urbanas.

Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:

<https://www.inaturalist.org/taxa/47336-Formicidae>



Vespas

(em inglês, *wasps*)

Subclasse: Pterygota

Ordem: Hymenoptera

Família: Vespidae



Características:

- Aparelho bucal tipo mastigador;
- Diferente das formigas não possuem estrutura em forma de nó entre o tórax e o abdômen;
- Possuem em geral dois pares de asas de tamanhos diferentes, entretanto, algumas espécies são ápteras.



Polistes exclamans (Foto: Dan Horowitz, <https://www.inaturalist.org/photos/57455961>).



Polybia sericea (Foto: Andre Lima, <https://www.inaturalist.org/photos/118833011>).

Observações e importância funcional:

Raramente encontrados no solo, esses insetos são importantes polinizadores de plantas, além de predadores frequentemente utilizados para controle biológico. As pupas de algumas espécies podem ser encontradas na serapilheira e nos primeiros centímetros do solo.

Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:
<https://www.inaturalist.org/taxa/52747-Vespidae>



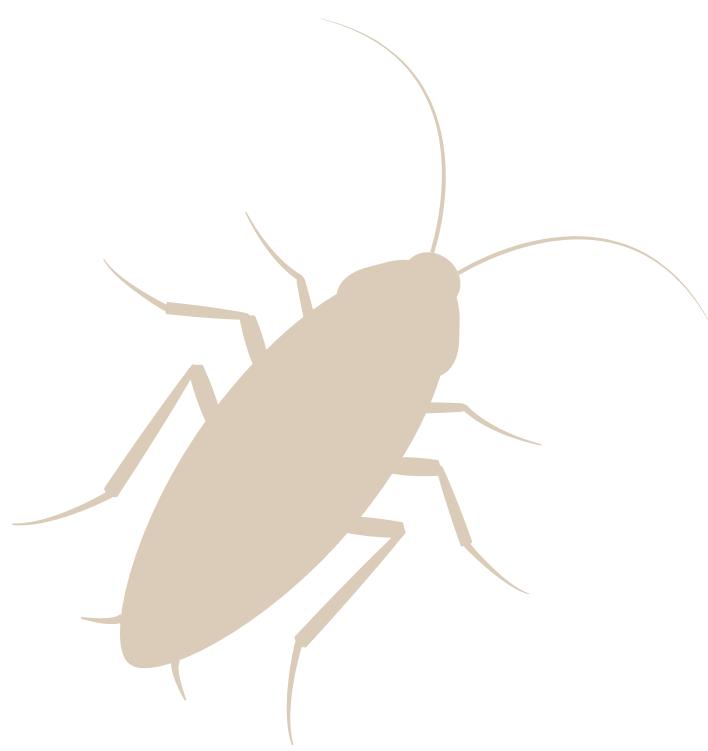
Baratas

(em inglês, *cockroaches*)

Subclasse: Pterygota

Ordem: Blattodea

Subordem: Blattaria



Características:

- São parte da macrofauna do solo;
- Aparelho bucal do tipo mastigador;
- Possuem o corpo em formato ovular e achatado, em geral, apresentam colorações escuras, mas podem ser encontrados exemplares em cores claras, inclusive branco.



Ectobius balcani (Foto: Kostas Zontanos, <https://www.inaturalist.org/photos/17744567>).



Allacta bipunctata (Foto: Philipp Hoenle, <https://www.inaturalist.org/photos/199237655>).



Barata - vista lateral (Foto: Gustavo Schiedeck).



Vista ventral de uma barata no microscópio estereoscópico (Foto: Luan Gabriel, <https://www.inaturalist.org/photos/322765191>).

Observações e importância funcional:

Bastante abundantes na serapilheira, as baratas também podem ser encontradas nas camadas superficiais do solo. São importantes decompositoras de detritos orgânicos frescos.



Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:

<https://www.inaturalist.org/taxa/81769-Blattodea>

Cupins

(em inglês, *termites*)

Subclasse: Pterygota

Ordem: Blattodea

Subordem: Isoptera



Características:

- Pertencem à macrofauna do solo;
- Aparelho bucal mastigador;
- Insetos sociais;
- Em geral, espécies que vivem no solo apresentam a cor branca;
- Diferentemente das formigas apresentam antenas retas e a separação tórax entre abdômen não tão claros.



Syntermes molestus (Foto: César Favacho, <https://www.inaturalist.org/photos/39380720>).



Cupins subterrâneos (Foto: Marie Bartz).

Observações e importância funcional:

Podem formar montes muito grandes no solo e são destratores muito importantes de serrapilheira; algumas espécies são pragas agrícolas ou urbanas/domésticas.



Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:
<https://www.inaturalist.org/taxa/118903-Termitoidae>

Cigarras (ninfas)

(em inglês, *cicadas*)

Subclasse: Pterygota

Ordem: Hemiptera

Superfamília: Cicadoidea



Características:

- São parte da macrofauna do solo;
- Geralmente são coletadas no solo a fase de ninfa das cigarras;
- Nas ninfas o primeiro par de pernas é modificado para escavação.



Ninfa de cigarra (Foto: Ken Rosenthal, <https://www.inaturalist.org/photos/135005676>).



Ninfa de cigarra (Foto: Gustavo Schiedeck).

Observações e importância funcional:

Embora não sejam difíceis de encontrar, não são muito abundantes. Algumas espécies podem criar torres na superfície do solo, e outras podem passar muitos anos no solo antes de emergirem e se transformarem em adultos. Alimentam-se da seiva das raízes das plantas.



Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:
<https://www.inaturalist.org/taxa/50190-Cicadoidea>

Percevejos

(em inglês, *true bugs*)

Subclasse: Pterygota

Ordem: Hemiptera

Subordem: Heteroptera



Características:

- São parte da macrofauna do solo;
- Aparelho bucal do tipo sugador;
- Possuem dois pares de asas, sendo o primeiro semiélitros (apenas uma parte é dura);
- As ninfas são similares ao adultos, mas não possuem asas.



Ninfa de percevejo
família Cydnidae (Foto: Gustavo Schiedeck).



Percevejo adulto, vista dorsal
(Foto: Botswanabugs,
<https://www.inaturalist.org/photos/44177060>).



Percevejo adulto, vista ventral
(Foto: Botswanabugs,
<https://www.inaturalist.org/photos/44179151>).

Observações e importância funcional:

Algumas espécies são pragas agrícolas importantes em diversas culturas. Muitas espécies possuem glândulas odoríferas que emitem odores fortes.



Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link: <https://www.inaturalist.org/taxa/61267-Heteroptera>

Pulgões e cochonilhas

(em inglês, *aphids* e *mealybugs*)

Subclasse: Pterygota

Ordem: Hemiptera

Subordem: Sternorrhyncha

Características:

- Aparelho bucal sugador;
- Pulgões em geral são ápteros, mas algumas espécies possuem asas.



Pérola-da-terra - *Eurhizococcus brasiliensis*

(Foto: Vinicius Domingues,
<https://www.inaturalist.org/photos/257514636>).



Freysuila dugesii (Foto: Jesse Rorabaugh,
<https://www.inaturalist.org/photos/17851322>).

Observações e importância funcional:

Raramente encontrados no solo. Muitas espécies de pulgões, cochonilhas, percevejos-da-terra e cochonilhas-farinhetas são consideradas pragas agrícolas, de árvores ou de gramados.

Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:
<https://www.inaturalist.org/taxa/334037-Sternorrhyncha>



Besouros e joaninhas

(em inglês, *beetles* e *ladybugs*)

Subclasse: Pterygota

Ordem: Coleoptera



Características:

- São parte da macrofauna do solo;
- Possuem formas e cores muito variadas, entretanto, as espécies que ocorrem no solo tendem a apresentar cores escuras;
- Os adultos possuem 2 pares de asas, sendo o anterior altamente esclerotizado e duro (élitro), responsável por proteger o segundo par de asas que é membranoso e usado para voo;
- Possuem 1 par de antenas bastante variadas, podendo ser filiformes, serrilhadas, clavadas, entre outras.



Os besouros rola-bosta se alimentam de esterco animal, acelerando a sua decomposição e, estimulando a ciclagem de nutrientes no solo.

Besouro rola-bosta - família Scarabaeidae
(Foto: Christian Kropf, <https://www.inaturalist.org/photos/112695463>).

Observações e importância funcional:

Os besouros representam cerca de 40% de todas as espécies de insetos descritas. Apresentam diversos hábitos alimentares, como herbívoros, predadores, detritívoros ou parasitas. Muitas espécies são encontradas no solo em seu estágio larval.

Ciclo de vida

Os insetos são animais que apresentam ciclo de desenvolvimento de dois tipos, sendo **direto** (ametábolo - não sofrem mudanças corporais) ou **indireto** (**hemimetábolos** - crescimento gradativo, caracterizado pela fase jovem ser uma ninfa; **holometábolos** - metamorfose completa, apresentando a fase larval). Besouros são holometábolos, apresentando quatro estágios de vida distintos:

OVO

LARVA

PUPA

ADULTO



Larvas comumente observadas no solo:

Família Scarabaeidae

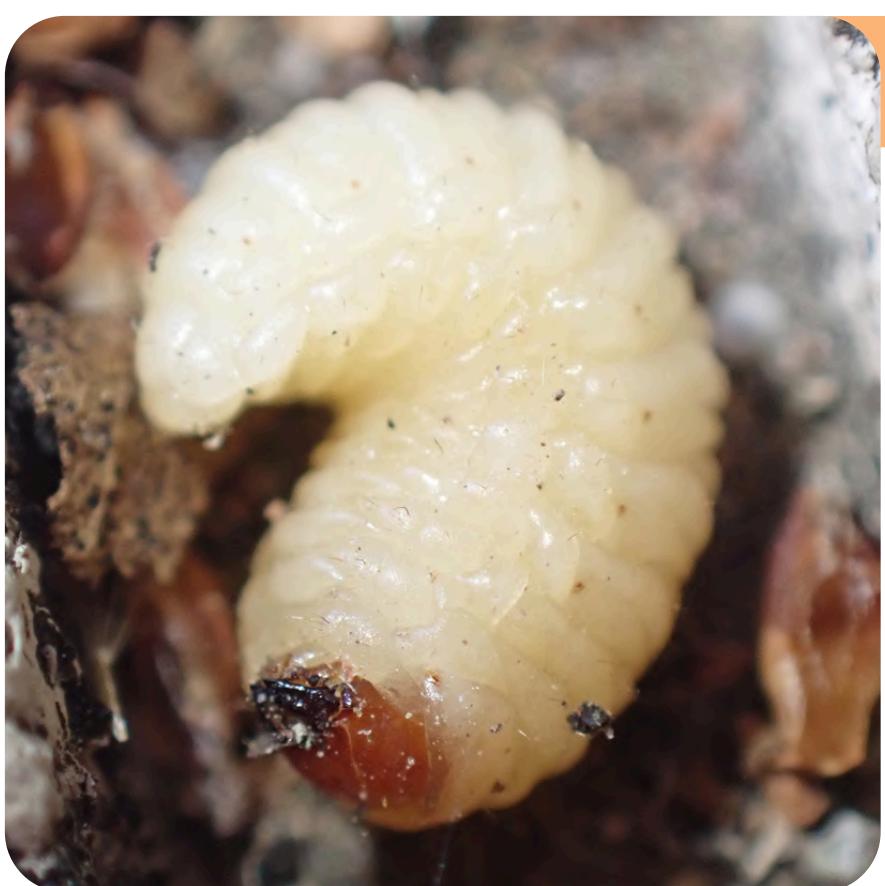
- Coloração branca-leitosa;
- Corpo em formato de “C” com cabeça de coloração escura.



Larva de besouro (coró) - família Scarabaeidae
(Foto: Wilian Demetrio).



Larva da família Scarabaeidae
(Foto: Gustavo Schiedeck).



Larva da família Curculionidae (Foto: the_knower,
<https://www.inaturalist.org/photos/445095244>).

Família Curculionidae

- Geralmente tem corpo vermiforme e curvado em forma de “C”, assim como Scarabaeidae; entretanto, a maioria não possui pernas (ápoda) ou apresenta pernas rudimentares.



Larvas da família Curculionidae
(Foto: Gustavo Schiedeck).

Família Ptilodactylidae

- Corpo alongado e cilíndrico, com segmentos bem definidos;
- Frequentemente possuem projeções laterais ou cerdas em cada segmento abdominal;
- Pernas torácicas bem desenvolvidas, adaptadas para locomoção;
- Os segmentos das pernas são geralmente curtos e terminam em pequenas garras que auxiliam na aderência.



Larva da família Ptilodactylidae
(Foto: Adam Kohl,
<https://www.inaturalist.org/photos/338109636>).

Família Staphylinidae

- Corpo alongado e geralmente achatado, com segmentos bem definidos;
- Muitas vezes apresentam cerdas ou projeções rígidas no corpo, que ajudam na locomoção e na defesa;
- Cor variável entre tons de branco, amarelo ou castanho;
- Pernas torácicas bem desenvolvidas;
- Geralmente apresenta 10 segmentos visíveis;
- Algumas espécies têm apêndices no final do abdômen, como pseudópodes ou estruturas especializadas para ajudar na movimentação ou defesa.



Larva da família Staphylinidae - Gênero *Ocypus*
(Foto: Iridescence, <https://www.inaturalist.org/photos/386588393>).



Larva da família Staphylinidae
subfamília Staphylininae
(Foto: Gustavo Schiedeck).



Larva da família Elateridae (Foto: Adriano Corte Real, <https://www.inaturalist.org/photos/432373084>).

Família Elateridae

- Corpo alongado, cilíndrico e rígido, com uma aparência semelhante a fios metálicos, daí o nome popular "larvas-arama";
- Cor geralmente marrom ou amarelada, com pouca variação.



Larva da família Elateridae - Gênero *Heteroderes* (Foto: Gustavo Schiedeck).



Larva da família Lampyridae - Subfamília Lampyrinae (Foto: Gustavo Schiedeck).

Família Lampyridae

- Larvas de vagalumes e pirilampos, por isso são muitas vezes bioluminescentes;
- Cores variam de marrom ao preto;
- Possuem uma aparência segmentada.



Larva da família Lampyridae (Foto: Whaldener Endo, <https://www.inaturalist.org/photos/243545914>).

Família Tenebrionidae

- Corpo alongado e cilíndrico, com segmentos bem definidos;
- Geralmente têm uma aparência mole e brilhante, mas podem ser ligeiramente endurecidas em algumas partes, principalmente no tórax;
- O último segmento pode apresentar projeções pequenas ou espinhos em algumas espécies.



Larva da família Tenebrionidae (Foto: David Akers, <https://www.inaturalist.org/photos/448577872>).



Larva da família Tenebrionidae subfamília Lagriinae (Foto: Gustavo Schiedeck).



Larva da família Tenebrionidae - subfamília Alleculinae (Foto: Gustavo Schiedeck).

Família Dryopidae

- Formato alongado com o corpo bem cilíndrico;
- Cabeça pequena, geralmente mais escura que o corpo.



Larva da família Dryopidae (Foto: Gustavo Schiedeck).



Larva da família Carabidae
subfamília Harpalinae
(Foto: Gustavo Schiedeck).

Família Carabidae

- Possui formato semelhante à família Elateridae, mas como geralmente são predadores possuem as pernas mais desenvolvidas.



Larva da família Carabidae (Foto: Célio Moura Neto,
<https://www.inaturalist.org/photos/282199932>).

Família Chrysomelidae

- Cápsulacefálica esclerotizada e visível;
- Mandíbulas bem desenvolvidas, adaptadas para mastigar tecidos vegetais;
- Possuem três pares de pernas torácicas bem desenvolvidas e funcionais;
- Não possuem pernas abdominais ou pseudópodes.



Larva da família Chrysomelidae
(Foto: Gustavo Schiedeck).



Larva da família Chrysomelidae (Foto: Per Hoffmann Olsen, <https://www.inaturalist.org/photos/427241857>).

Fase adulta

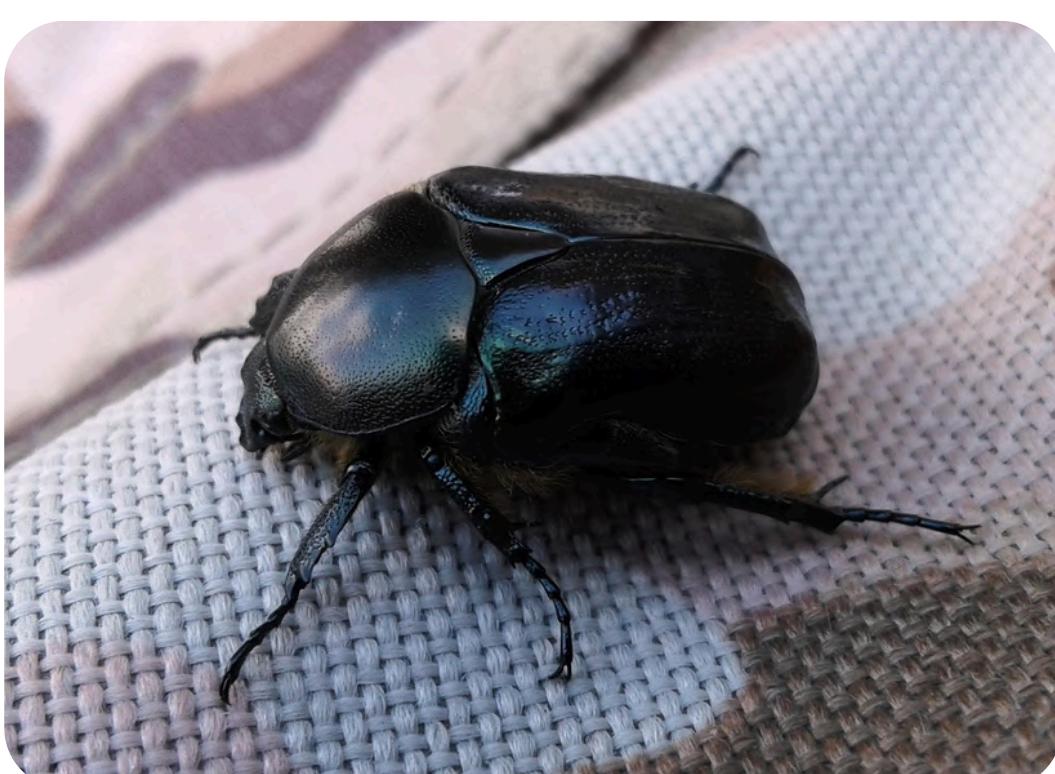
- Corpo é composto por: três pares de pernas; um par de antenas e asas anteriores endurecidas;
- Podem ser encontrados no solo, no húmus, na serrapilheira e no esterco, contribuindo para os processos de decomposição da MO;
- Algumas espécies são predadoras de pequenos animais do solo, como minhocas, colêmbolos e nematoides.



Foto: LabBio UFPel (2023).



Besouro predador (*Carabus prodigus* - família Carabidae) se alimentando de uma minhoca (Foto: Spark, <https://www.inaturalist.org/photos/291775926>)



Protaetia judith
família Scarabaeidae
(Foto: Andrii Churilov,
<https://www.inaturalist.org/photos/58998982>).



Besouro tigre japonês
Cicindela chinensis ssp. *japonica*
(Foto: Ryosuke Kuwahara,
<https://www.inaturalist.org/photos/92982013>).

Devido à alta diversidade de hábitos alimentares dos besouros, a identificação em nível de família, gênero ou espécie deve ser realizada sempre que possível.

Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:
<https://www.inaturalist.org/taxa/47208-Coleoptera>

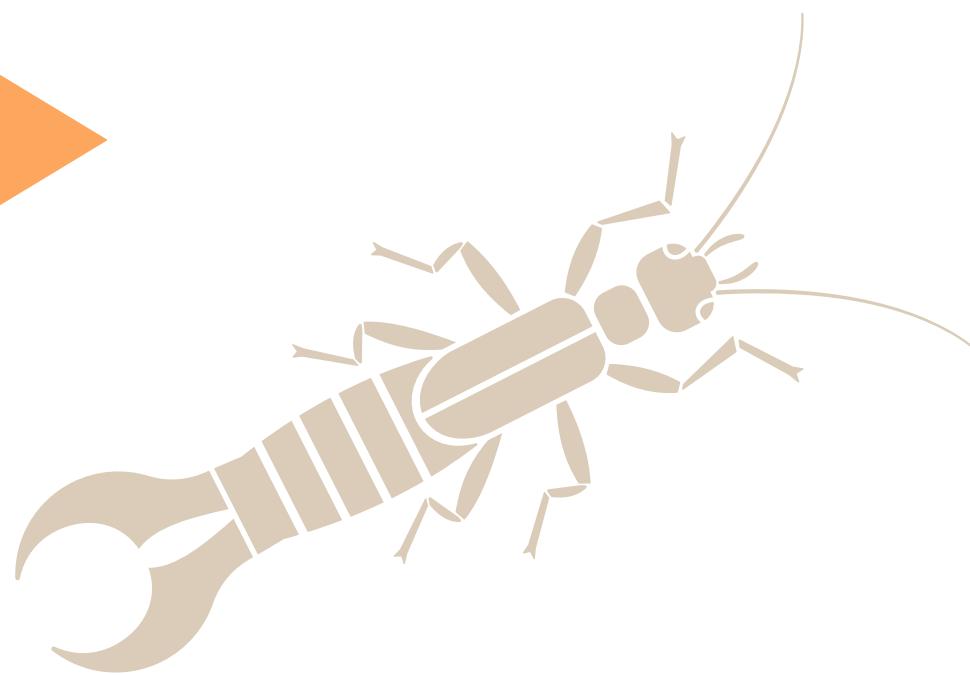


Tesourinhas

(em inglês, earwigs)

Subclasse: Pterygota

Ordem: Dermaptera



Características:

- Pertencem à macrofauna do solo;
- Corpo alongado e estreito;
- Podem ser alados (um ou dois pares de asas) ou não;
- Possuem um par de antenas;
- Possuem cercos na extremidade do abdómen, geralmente em forma de pinça.



Tesourinha - *Euborellia annulipes*

(Foto: Kyle C. Elshoff,

<https://www.inaturalist.org/photos/29006737>).



Tesourinha (Foto: Douglas Oliveira,

<https://www.inaturalist.org/photos/102491680>).

Observações e importância funcional:

As tesourinhas são frequentemente confundidas com dipluranos ou besouros da família Staphylinidae. São amplamente conhecidas no setor agrícola por sua atividade como inimigas naturais (predadoras de muitas presas menores) e por sua utilidade no controle biológico de pragas.



Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:

<https://www.inaturalist.org/taxa/47793-Dermaptera>

Moscas

(em inglês, *flies*)

Subclasse: Pterygota

Ordem: Diptera



Características:

Adultos:

- Corpo dividido em cabeça, tórax e abdômen;
- Possuem 3 pares de pernas;
- Possuem um par de asas membranosas e um par modificado similar a alteres (balancins).

Larvas

- São parte da macrofauna do solo;
- Ausência de pernas;
- Corpo tubular e longo;
- Em geral, não possuem cabeças distintas, entretanto, possuem uma porção nitidamente afilada na cabeça e arredondada na porção posterior.



Larva da família Sciaridae (Foto: Gustavo Schiedeck).



Larva da família Stratiomyidae - gênero *Chiromyza* (Foto: Gustavo Schiedeck).



Larva da família Asilidae (Foto: Gustavo Schiedeck).



Thereva unica (Foto: Alberto J. Narro Martín, <https://www.inaturalist.org/photos/95349560>).



Cheilosia fasciata (Foto: Mareks levins, <https://www.inaturalist.org/photos/174823892>).

Observações e importância funcional:

Adultos raramente são coletados pelo método TSBF, no entanto, larvas podem ser abundantes em alguns sistemas de uso do solo. Deve-se ter cuidado para não confundir larvas de mosca com larvas de besouro ou vice-versa. A maioria das larvas de mosca se alimenta de matéria orgânica, contribuindo para a ciclagem de nutrientes.

Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:

<https://www.inaturalist.org/taxa/47822-Diptera>



Embiópteros

(em inglês, *webspinners*)

Subclasse: Pterygota

Ordem: Embioptera



Características:

- Pertencem à macrofauna do solo;
- Corpo alongado, geralmente amarronzado ou mais escuro;
- Possuem glândulas fiaideiras de seda nas pernas anteriores;
- Os machos geralmente possuem 2 pares de asas bem desenvolvidas, semelhantes a cupins alados, já as fêmeas são sempre ápteras (ausência de asas).



Haploembia palaui

(Foto: Savvas Zafeiriou, <https://www.inaturalist.org/photos/128646252>).



Haploembia solieri

(Foto: George Manavopoulos, <https://www.inaturalist.org/photos/114303375>).

Observações e importância funcional:

Os embiópteros são geralmente encontrados na serrapilheira, onde se alimentam de vários materiais, incluindo matéria vegetal em decomposição, musgo, líquens e algas.



Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:

<https://www.inaturalist.org/taxa/56834-Embioptera>

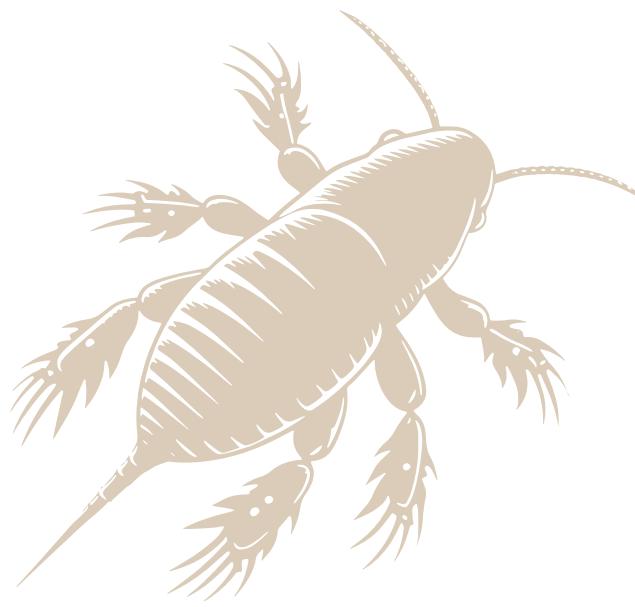
Grilos e paquinhas

(em inglês, *crickets e mole crickets*)

Subclasse: Pterygota

Ordem: Orthoptera

Infraordem: Gryllidea



Características:

- São parte da macrofauna do solo;
- Aparelho bucal tipo mastigador;
- Os grilos, assim como os gafanhotos possuem as pernas traseiras superdesenvolvidas, entretanto, possuem antenas longas em comparação com gafanhotos;
- As paquinhas são facilmente identificadas pelo primeiro par de pernas modificado para escavação.



Grilo (Foto: Helio Lourencini, <https://www.inaturalist.org/photos/111560745>).



Paquinha (Foto: Simão Mateus, <https://www.inaturalist.org/photos/62802902>).

Observações e importância funcional:

Grilos e paquinhas geralmente consomem materiais vegetais, incluindo raízes, caules e folhagens, e, portanto, podem ser pragas importantes em gramados e jardins. No entanto, grilos-toupeira também podem consumir insetos, outros pequenos animais e até mesmo outros da sua espécie.

Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:

<https://www.inaturalist.org/taxa/50158-Grylloidea>



Gafanhotos

(em inglês, grasshoppers)

Subclasse: Pterygota

Ordem: Orthoptera



- **Características:**

- São parte da macrofauna do solo;
- Apresentam aparelho bucal mastigador;
- Possuem último par de pernas bem desenvolvido;
- São **hemimetábolos**, ou seja, não possuem fase larval ou de pupa.



Ciclo de vida dos gafanhotos



Dactylotum bicolor (Foto: Felix Fleck, <https://www.inaturalist.org/photos/49657086>).

Observações e importância funcional:

Quando não é possível separar gafanhotos de grilos e grilos-toupeira, todos podem ser agrupados na Ordem Orthoptera. Em geral, os grilos são muito mais comuns em amostras do que os gafanhotos. Algumas espécies são pragas importantes em culturas agrícolas.

Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:

<https://www.inaturalist.org/taxa/47651-Orthoptera>

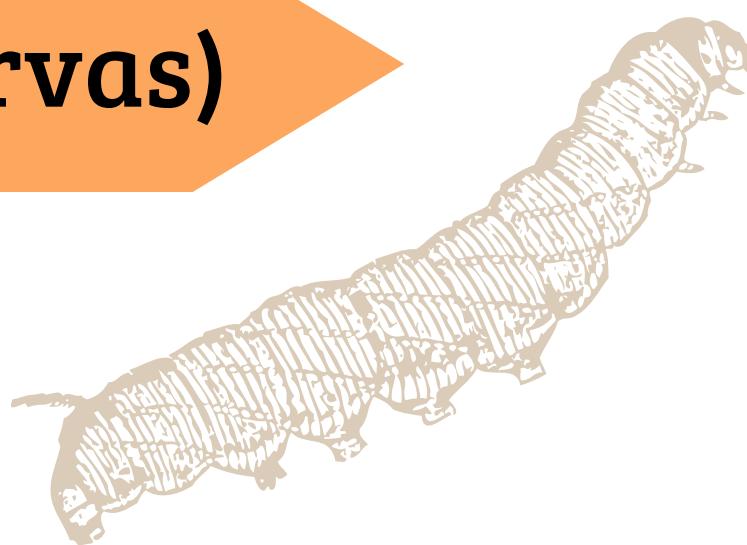


Borboletas e mariposas (larvas)

(em inglês, *butterflies e moths*)

Subclasse: Pterygota

Ordem: Lepidoptera



Características:

- Nas lagartas (fase larval), além dos 3 pares de pernas comuns aos insetos, também se observam várias pernas abdominais.



Leto venus (Foto: Colin Ralston, <https://www.inaturalist.org/photos/21452923>).



Rothschildia pronia (Foto: Alenilson Rodrigues, <https://www.inaturalist.org/photos/166099738>).

Observações e importância funcional:

Adultos e lagartas raramente são encontrados no solo, mas às vezes crisálidas podem ser encontradas na serrapilheira ou nos primeiros centímetros do solo. Muitas espécies de larvas de Lycaenidae e Riodinidae desenvolveram uma relação especial com formigas (mirmecofilia). Larvas de lepidópteros são geralmente fitófagas e algumas espécies podem ser importantes pragas agrícolas, enquanto adultos de muitas espécies podem ser importantes polinizadores de plantas.

Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:

<https://www.inaturalist.org/taxa/47157-Lepidoptera>



Formigas-leão

(em inglês, *antlions*)

Subclasse: Pterygota

Ordem: Neuroptera



Características:

- Pertencem à meso e macrofauna do solo
- Na fase larval geralmente possuem corpo arredondado e um par proeminente de mandíbulas;
- Os adultos possuem 2 pares de asas membranosas, geralmente transparentes e com nervação bem marcada (parecendo uma rede).



Larva de formiga-leão

(Foto: jbio, <https://www.inaturalist.org/photos/145122237>).



Formiga-leão adulta (Foto: kamedaphor, <https://www.inaturalist.org/photos/18544819>).

Observações e importância funcional:

Formigas-leão raramente são encontradas em amostras de solo. As larvas são predadoras importantes de outros táxons da macro e mesofauna.

Para mais informações e fotos acesse o QR code acima ou o link:

<https://www.inaturalist.org/taxa/48763-Neuroptera>

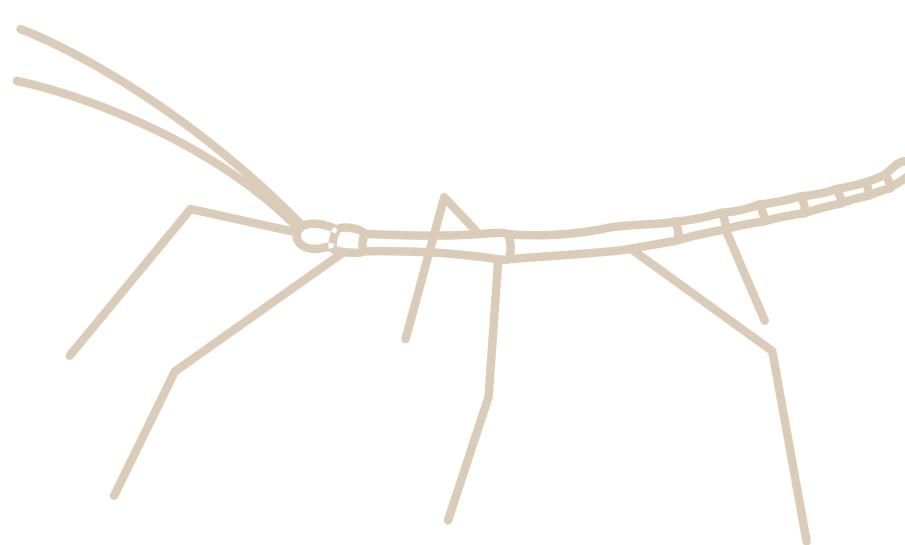


Bichos-pau

(em inglês, *stick insects*)

Subclasse: Pterygota

Ordem: Phasmida



Características:

- Mimetizam galhos, gravetos ou folhas;
- São geralmente ápteros e de coloração verde ou marrom.



Bicho-pau encontrado em Rolândia-PR
(Foto: Marie Bartz).

Gênero *Prisopus* (Foto: Onildo João Marini Filho,
<https://www.inaturalist.org/photos/254389068>).

Observações e importância funcional:

Raramente encontrados no solo, os insetos-pau são geralmente observados na serapilheira ou na vegetação acima do solo. São herbívoros importantes, alimentando-se de folhas frescas de diversas espécies de plantas.



Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:
<https://www.inaturalist.org/taxa/47198-Phasmida>

Tripes

(em inglês, *thrips*)

Subclasse: Pterygota

Ordem: Thysanoptera



Características:

- Adultos apresentam corpo alongado e delgado;
- Podem apresentar 2 pares de asas com franjas de cerdas, mas também ocorrem organismos ápteros.



Gênero *Franklinothrips* (Foto: Ben Jobson, <https://www.inaturalist.org/photos/321130719>).

Dendrothrips howei observada em microscópio estereoscópico
(Foto: Alex Bairstow, <https://www.inaturalist.org/photos/19774950>).

Observações e importância funcional:

Raramente encontradas no solo, muitas espécies de tripes podem ser pragas importantes em culturas agrícolas.



Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:

<https://www.inaturalist.org/taxa/83201-Thysanoptera>

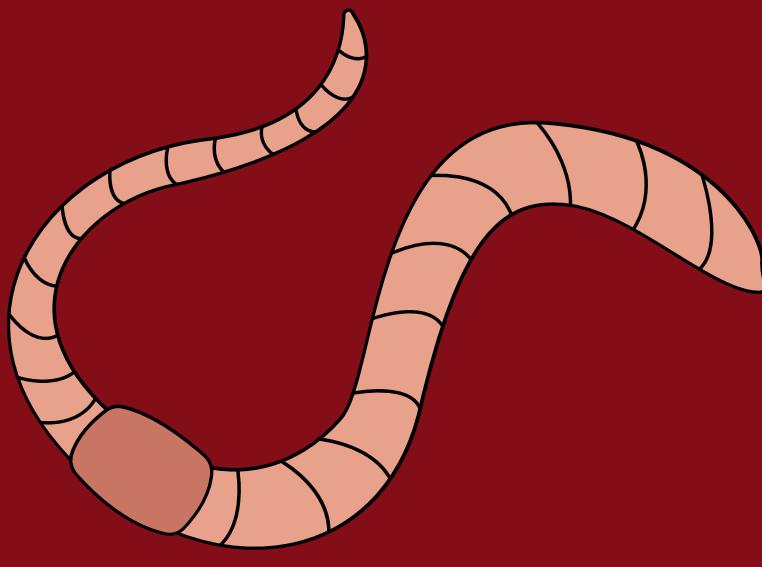
CLITELADOS

(em inglês, *clitellates*)

Reino: Animalia

Filo: Annelida

Classe: Clitellata



Características:

- Corpo mole, cilíndrico e dividido em anéis;
- Não possuem pernas ou antenas;
- Possuem simetria bilateral.

Minhocas e minhocuços

(em inglês, *earthworms* e *giant earthworms*)

Subclasse: Oligochaeta

Ordem: Crassiclitellata



Características:

- Pertencem à macrofauna do solo;
- Possuem cerdas, pequenas estruturas similares a pelos nos anéis que ajudam na locomoção;
- Na fase adulta, a maior parte das espécies possuem clitelo bem desenvolvido, uma estrutura geralmente em forma de anel e, em muitas espécies, de coloração diferente do restante do corpo, próximo à parte anterior do animal.

CLASSIFICADAS EM TRÊS PRINCIPAIS GRUPOS, CADA UM COM UM HABITAT PREFERIDO

EPIGEICAS:

- Vivem na camada de serapilheira;
- São pequenas, de cor uniforme, pigmentadas de cor verde, azul ou avermelhado dependendo do habitat onde vivem (pastagens ou florestas).

ANÉCICAS:

- Se alimentam da serapilheira superficial;
- São grandes com pigmentação escura dorsal ou antero-dorsal;
- Vivem em túneis subterrâneos verticais escavados no solo.

ENDOGEICAS:

- Possuem pouca ou nenhuma pigmentação;
- São geófagas e vivem inteiramente no solo.



Coprólito de minhoca depositado na superfície do solo (Foto: Wilian Demetrio).



Minhocuçu da espécie *Andiorrhinus duseni* (Foto: Wilian Demetrio).



Clitelo desenvolvido indicando ser um indivíduo adulto.

Minhoca do gênero *Dichogaster* (Foto: Marie Bartz).

Observações e importância funcional:

As minhocas podem ser encontradas na serapilheira e no solo; as espécies encontradas na serapilheira são pigmentadas, enquanto as encontradas no solo apresentam pouca ou nenhuma pigmentação. A escavação (ingestão de solo) e a excreção de coprólitos (pelotas fecais) pelas minhocas modificam a estrutura do solo. A digestão da matéria orgânica no trato digestivo das minhocas é estimulada por uma interação mutualística com os microrganismos intestinais. As minhocas também incorporam matéria orgânica ao perfil do solo; podem ingerir até 20 a 30 vezes o seu próprio peso corporal em solo todos os dias e cerca de 10 toneladas de solo por hectare por ano.



Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:
<https://www.inaturalist.org/taxa/152943-Crassiclitellata>

Enquitreídeos

(em inglês, *potworms*)

Subclasse: Oligochaeta

Ordem: Enchytraeida

Características:

- São parte da mesofauna do solo;
- São muito similares às minhocas, entretanto, são bastante diminutos (a maior parte das espécies tem apenas alguns milímetros, não sendo possível visualizá-los a olho nu) e, não possuem pigmentação.



Enquitreídeo observado em microscópio (Foto: Cintia Niva).



Enquitreídeo (Foto: Adam Kranz, <https://www.inaturalist.org/photos/64768157>).



Foto: LabBio UFPEL (2023).

Devido à coloração esbranquiçada translúcida, é possível observar órgãos internos dos enquitreídeos, assim como o alimento sendo digerido e posteriormente excretado.

Observações e importância funcional:

Exemplares de espécies maiores de larvas de maconha podem ser coletados por triagem manual usando o método TSBF. Raramente coletadas com funis de Berlese-Tullgren, as larvas de maconha requerem um método de extração específico. As larvas de maconha concentram-se nas camadas superiores do solo (0-5 cm), onde a matéria orgânica se acumula e onde se alimentam de bactérias e micélios fúngicos, bem como de matéria orgânica morta.

Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:

<https://www.inaturalist.org/taxa/180684-Enchytraeidae>



Sanguessugas

(em inglês, *leeches* ou *bloodworms*)

Subclasse: Hirudinea



Características:

- Pertencem à macrofauna do solo;
- Possuem uma ventosa anterior (menor) e uma posterior (maior).



Exemplo de sanguessuga comumente observado no solo
(Foto: dilsonvp, <https://www.inaturalist.org/photos/366189400>).



Haemadipsa ornata (<https://www.inaturalist.org/photos/58241709>).

Observações e importância funcional:

A maioria das espécies encontradas no solo apresenta coloração avermelhada. As sanguessugas são importantes predadoras de outros organismos, como as minhocas.

Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:
<https://www.inaturalist.org/taxa/63081-Hirudinea>



ONICÓFOROS OU VERMES AVELUDADOS

(em inglês, *velvet worms*)

Reino: Animalia

Filo: Onychophora

Características:

- Possuem o corpo todo, incluindo as pernas com textura semelhante ao veludo.



Ooperipatellus viridimaculatus (Foto: Carey Knox, <https://www.inaturalist.org/photos/164281898>).



Diemenipatus taiti (Foto: Gonzalo Giribet, <https://www.inaturalist.org/photos/253001994>).

Observações e importância funcional:

Extremamente raro, este grupo é um dos mais difíceis de observar em campo. Os vermes-de-veludo são predadores importantes de outros táxons da meso e macrofauna do solo.

Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link
(<https://www.inaturalist.org/taxa/51836-Onychophora>)



MIRIÁPODES

(em inglês, *myriapods*)

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Subfilo: Uniramia

Superclasse: Myriapoda



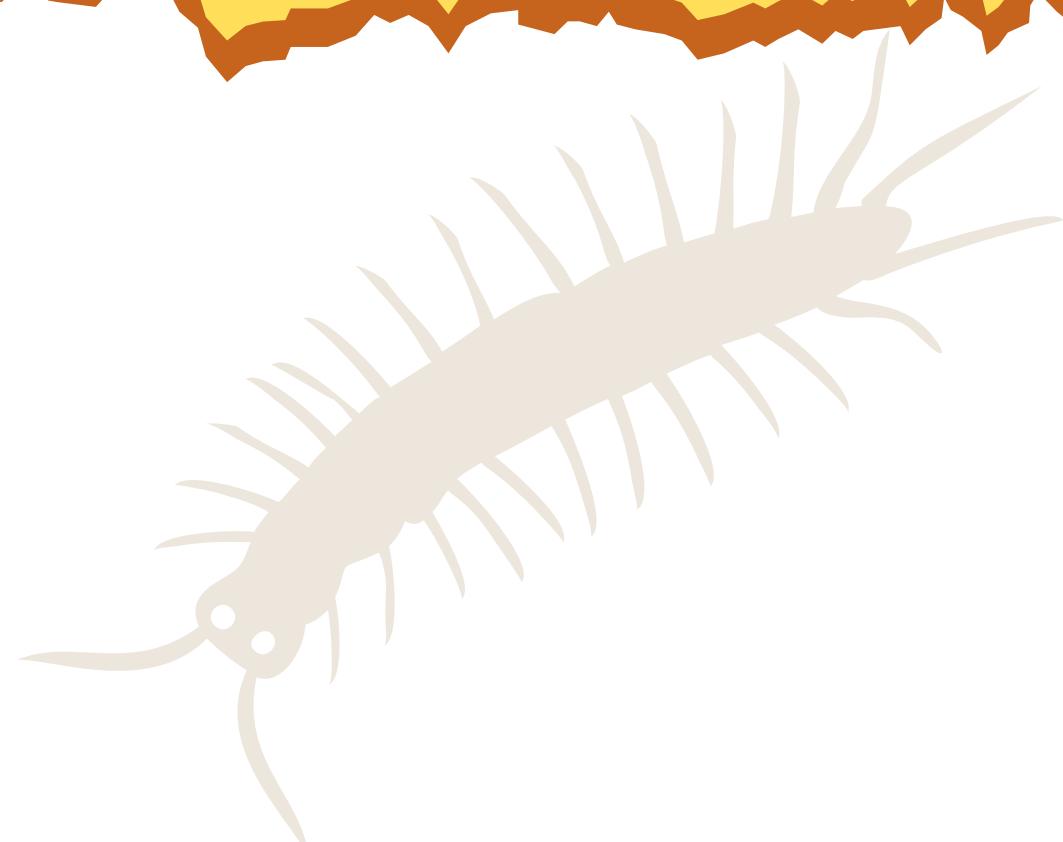
Paurópodes

(em inglês, *pauropods*)

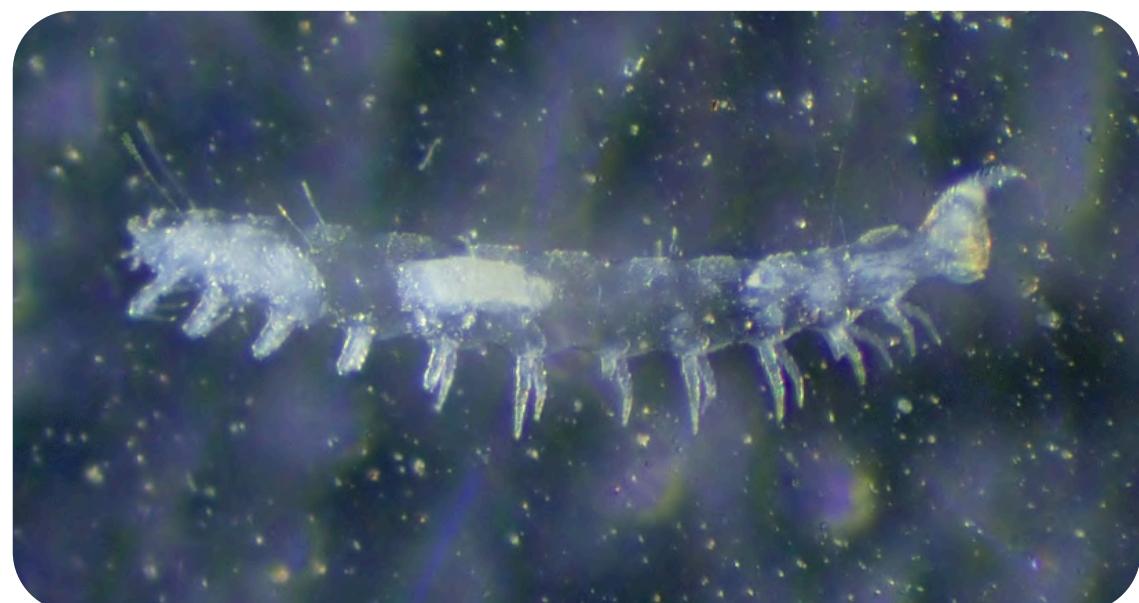
Classe: Paupropoda

Características:

- Pertencem à mesofauna do solo;
- Corpo alongado e segmentado;
- Os adultos possuem entre 9 e 11 pares de pernas;
- Possuem um par de antenas bifurcadas.



Gênero *Stylopauporus* (Foto: Frank Ashwood, <https://www.inaturalist.org/photos/394340483>).



Ordem Hexamerocerata observado em microscópio estereoscópico (Foto: Hubert Szczygiel, <https://www.inaturalist.org/photos/394146194>).

Observações e importância funcional:

Paurópodes são frequentemente observados em amostras de fauna obtidas por meio de funis de Berlese-Tullgren. Esses animais são importantes detritívoros, alimentando-se de fungos, matéria orgânica em decomposição e mofo.

Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:
<https://www.inaturalist.org/taxa/83243-Pauropoda>



Milipéias, piolhos-de-cobra ou gongolos

(em inglês, *millipedes*)

Classe: Diplopoda

Características:

- Fazem parte da macrofauna do solo;
- Corpo alongado e segmentado;
- Possuem dois pares de pernas por segmento;
- Possuem um par de antenas;
- Cabeça é tipicamente arredondada.



Diplopoda (Foto: Marie Bartz).



Diplopoda visto em microscópio estereoscópico (Foto: LabBio UFPEL, 2023).



Diplopoda (Foto: Lucas Kaminski, <https://www.inaturalist.org/photos/215834848>).



Amplaria staceyi (Foto: BJ Stacey, <https://www.inaturalist.org/photos/6289322>).

Observações e importância funcional:

Milipéias são importantes detritívoros, fragmentando a serapilheira, acelerando a decomposição da matéria orgânica e estimulando a mineralização de nutrientes. Algumas espécies são escavadoras ativas do solo, produzindo túneis no solo e pelotas organominerais.

Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:

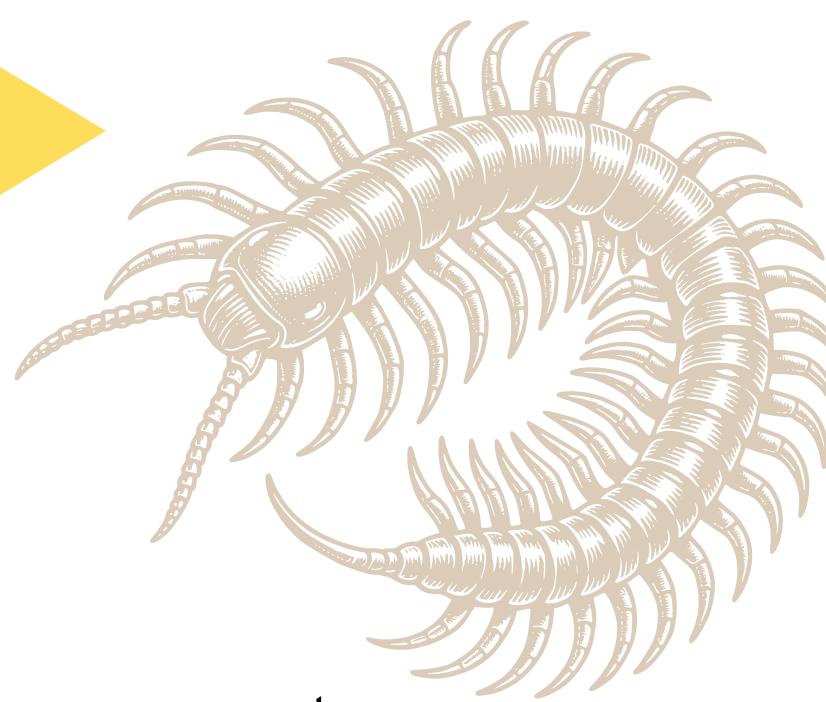
<https://www.inaturalist.org/taxa/47735-Diplopoda>



Centopeias ou lacraias

(em inglês, *centipedes*)

Classe: Chilopoda



Características:

- Pertencem à macrofauna do solo;
- Corpo com diversos segmentos, com 1 par de pernas por segmento;
- 1 par de antenas;
- Possuem um par de forcípulas ou maxilípedes com garras de peçonha;
- O último par de pernas é geralmente mais longo e modificado.



Ordem Scolopendromorpha (Fotos: Marie Bartz).



Geophilus flavus - Ordem Geophilomorpha

(Foto: Feliz Riegel,
<https://www.inaturalist.org/photos/112036456>).

Observações e importância funcional:

Bastante abundantes na serapilheira, centopeias também são encontradas no solo, principalmente sem pigmentação (ordem Geophilomorpha). Esses animais são importantes predadores de outros táxons da meso e macrofauna do solo.

Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:
<https://www.inaturalist.org/taxa/49556-Chilopoda>



Sínfilos

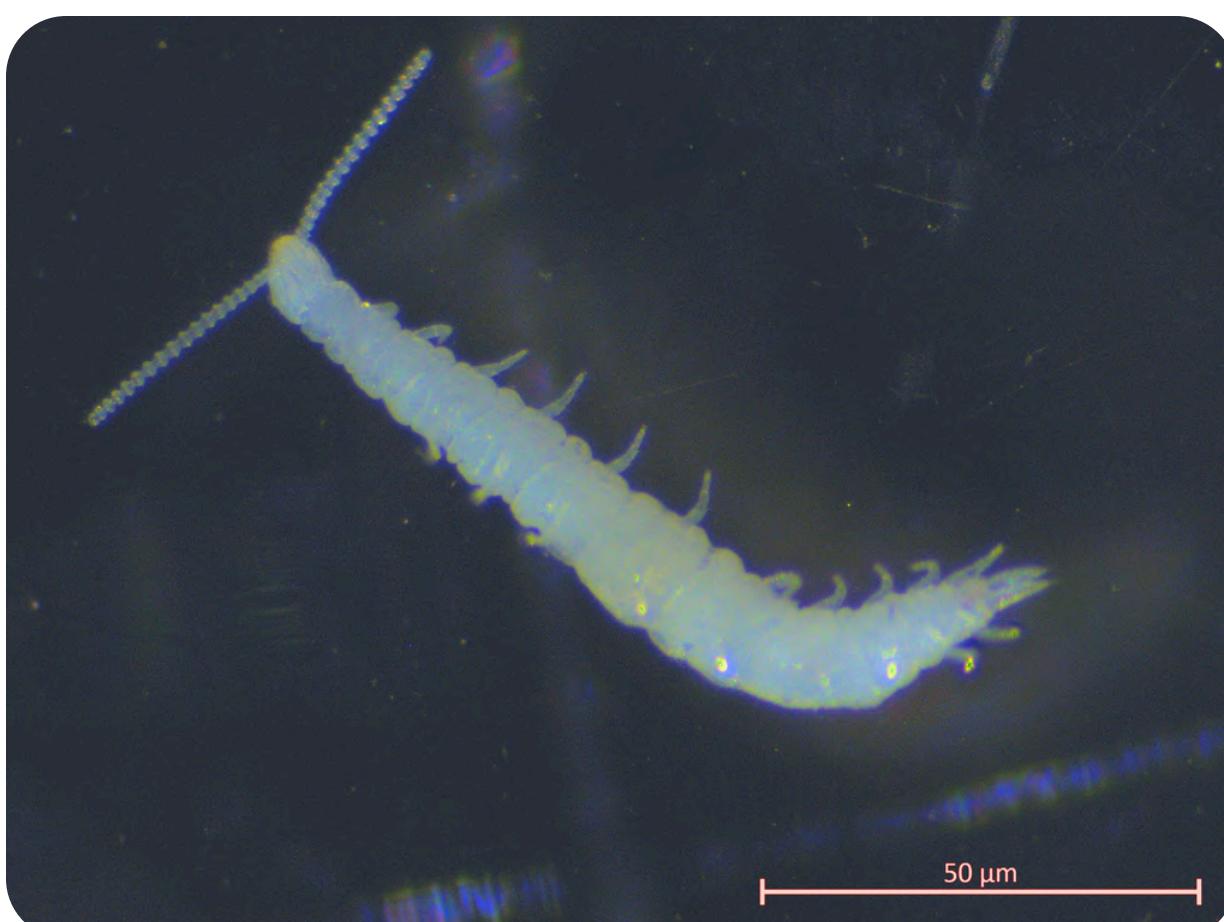
(em inglês, *symphylans* ou *garden centipedes*)

Classe: Symphyla



Características:

- Pertencem à mesofauna do solo;
- Corpo pequeno, geralmente medindo entre 2 e 10 mm de comprimento;
- Corpo alongado e fino, com aparência semelhante a pequenas centopeias;
- Possuem 12 segmentos corporais bem definidos, dos quais 10 têm apêndices locomotores;
- Antenas longas e filiformes, segmentadas e usadas para percepção sensorial.



Syphyla (Foto: LabBio UFPEL, 2024).



Syphyla - família Scutigerellidae
(Foto: Gustavo Schiedeck).



Syphyla (Foto: arielopezpics, <https://www.inaturalist.org/photos/451229140>).

Observações e importância funcional:

Sínfilos são principalmente detritívoros, alimentando-se de plantas em decomposição, materiais orgânicos e fungos. Algumas espécies também podem ser pragas, comendo sementes e raízes.

Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:

<https://www.inaturalist.org/taxa/84638-Syphyla>



NEMATOIDES ENTOMOPATOGÊNICOS

(em inglês, *entomopathogenic nematodes*)

Reino: Animalia

Filo: Nematoda

Classe: Enoplea

Ordem: Mermithida

Família: Mermithidae

Características:

- São parasitas de artrópodes, e portanto, algumas vezes são encontrados no solo devido a morte do hospedeiro.



Mermis nigrescens (Foto: Steven Evans, <https://www.inaturalist.org/photos/1947864>).

Observações e importância funcional:

Os nematoides entomopatogênicos são parasitas importantes de artrópodes e frequentemente são encontrados no solo após a morte do hospedeiro.

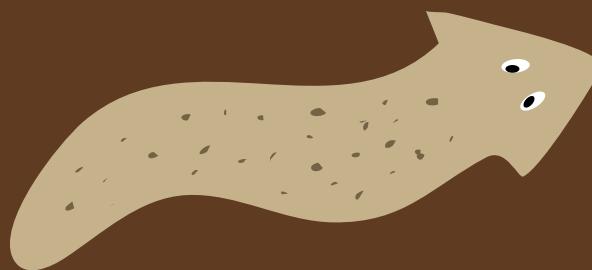
Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:

<https://www.inaturalist.org/taxa/345882-Mermithidae>



PLANÁRIAS

(em inglês, *flatworms*)



Reino: Animalia

Filo: Platyhelminthes

Classe: Rhabditophora

Ordem: Tricladida

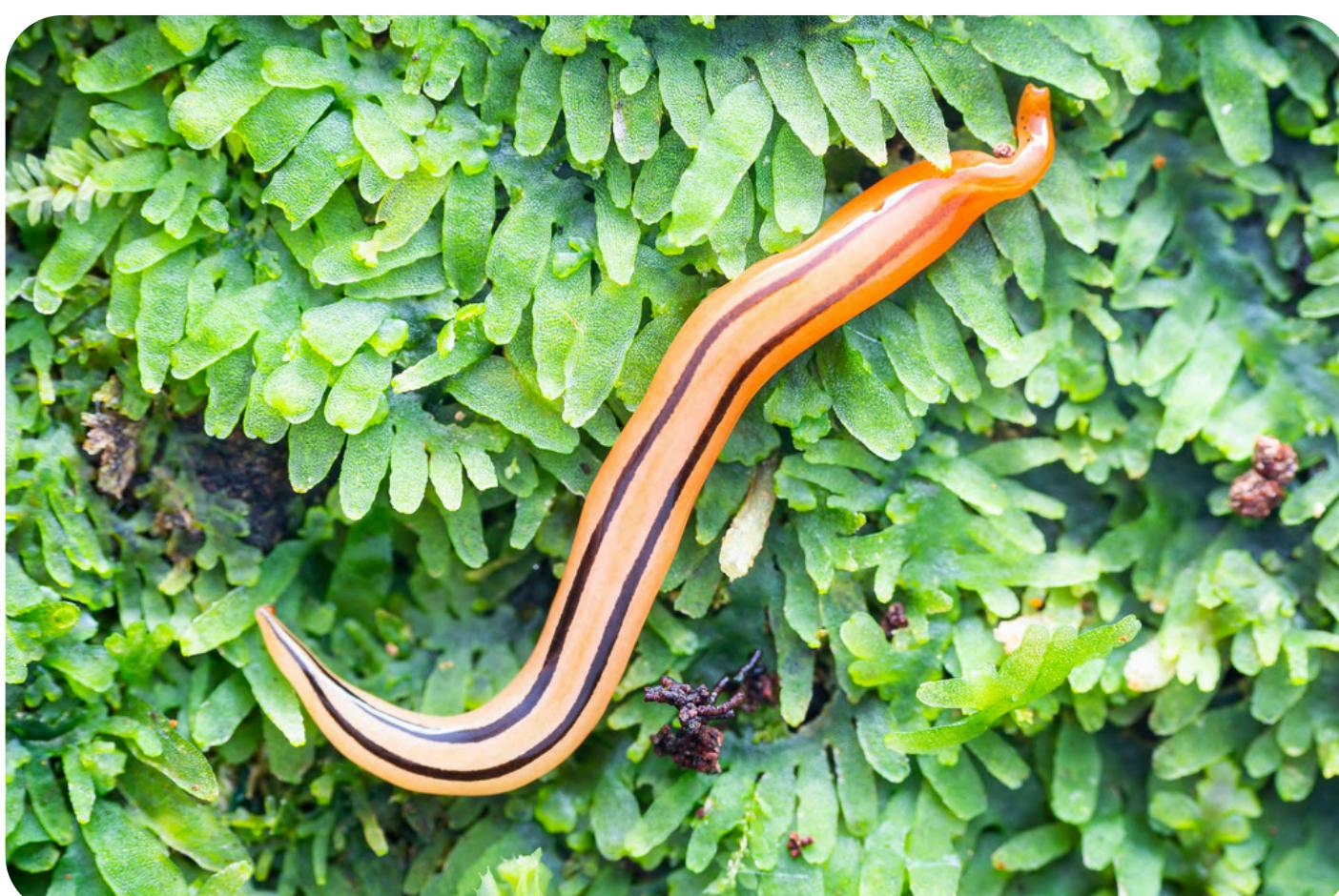
Família: Geoplanidae

Características:

- Apresentam o corpo achatado dorsoventralmente.



Geoplana arkalabamensis (Foto: John M. Faggard, <https://www.inaturalist.org/photos/31443939>).



Australopacifica leichhardtiana (Foto: Damien Brouste, <https://www.inaturalist.org/photos/98621289>).

Observações e importância funcional:

Planárias raramente são encontrados em amostras de solo, mas são predadores importantes de outros membros da mesofauna e macrofauna do solo, incluindo minhocas.

Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:
<https://www.inaturalist.org/taxa/52319-Platyhelminthes>



CRUSTÁCEOS

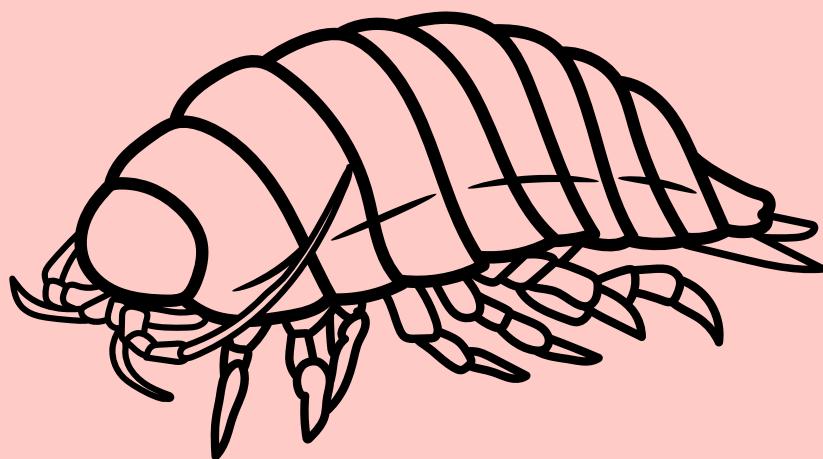
(em inglês, *crustaceans*)

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Subfilo: Crustacea

Classe: Malacostraca



Características:

- Corpo composto por cabeça e abdômen;
- Possuem 2 pares de antenas;
- Número de pernas variável.

Caranguejos

(em inglês, *crabs*)

Ordem: Decapoda



Características:

- Possuem 5 pares de pernas, sendo o primeiro modificado para a captura do alimento.



Ucides cordatus

(Foto: Gustavo Sandres, <https://www.inaturalist.org/photos/269931828>).

Observações e importância funcional:

Caranguejos raramente são encontrados em amostras de solo, mas podem ser coletados em locais próximos a rios ou manguezais. Alimentam-se de serrapilheira, detritos e, às vezes, de tecido vegetal vivo.

Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:

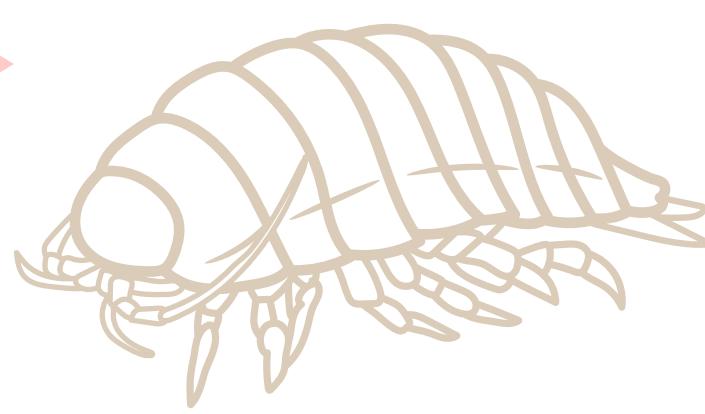
<https://www.inaturalist.org/taxa/47186-Decapoda>



Tatuzinhos-de-jardim

(em inglês, *woodlice*)

Ordem: Isopoda



Características:

- São parte da macrofauna do solo;
- Apresentam corpo achatado e dividido em cabeça, tórax e abdômen;
- O tórax é dividido em 7 segmentos;
- Possuem dois pares de antenas, o primeiro é chamado de antênulas por ser vestigial e pouco desenvolvido;
- São geralmente de cores escuras.



Foto: LabBio UFPEL (2023).

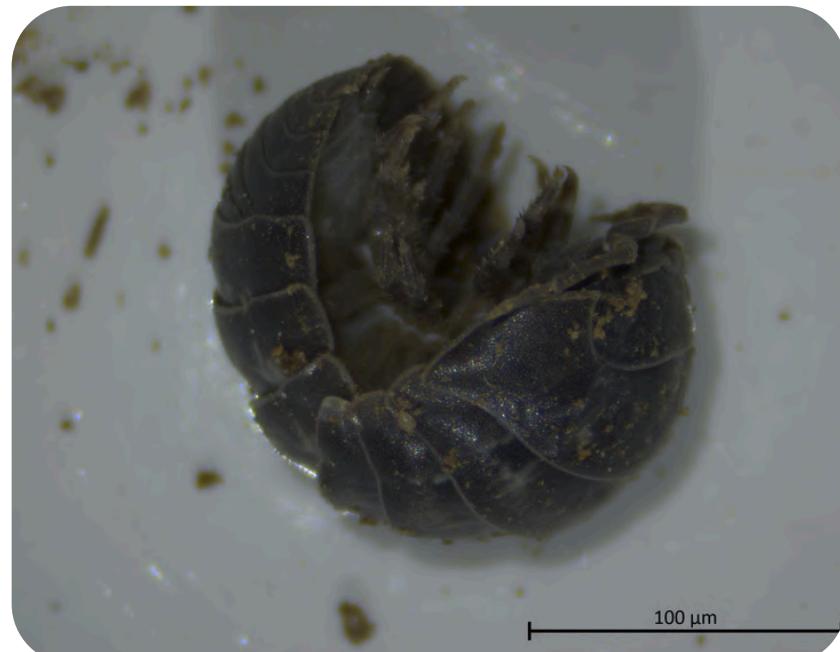


Foto: LabBio UFPEL (2023).



Porcellio scaber (Foto: Guerric Haché, <https://www.inaturalist.org/photos/277612426>).



Família Philosciidae (Foto: Gustavo Schiedeck).



Cubaroides pilosus (Foto: Jesse Rorabaugh, <https://www.inaturalist.org/photos/44028395>).

Observações e importância funcional:

Os tatuzinhos-de-jardim são bastante abundantes na serapilheira e no solo superficial. Esses detritívoros são importantes promotores da fragmentação da serapilheira, acelerando sua decomposição e liberação de nutrientes.

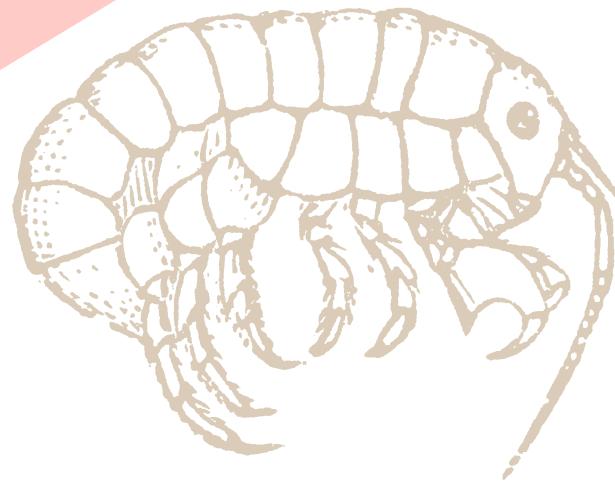
Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:

<https://www.inaturalist.org/taxa/48147-Isopoda>



Anfípodes ou pulgas-da-areia

(em inglês, *sand fleas*)



Subclasse: Eumalacostraca

Superordem: Peracarida

Ordem: Amphipoda

Características:

- Pertencem a meso e macrofauna do solo;
- Apesar de serem majoritariamente aquáticos, alguns podem ser encontrados em solos úmidos;
- Corpo composto por cabeça e tronco segmentados;
- 10 pares de pernas, divididas no tórax (maxilípedes usados para auxiliar a alimentação e pereópodes usados para a locomoção) e no abdômen (pleópodes usadas para natação).



Capeorchestia capensis
(Foto: Gareth Yearsley,
<https://www.inaturalist.org/photos/115740984>).



Bulychevia enigmatica
(Foto: Richard Hasegawa,
<https://www.inaturalist.org/photos/268928727>).



Anfípode
(Foto: LabBio UFPEL, 2023).

Observações e importância funcional:

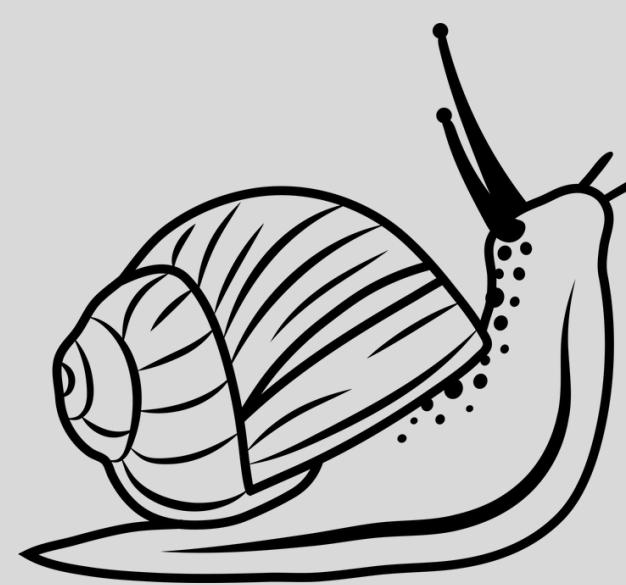
Pulgas-da-areia raramente são coletadas pelo método TSBF, mas podem ser abundantes em armadilhas de queda. Também conhecidas como saltadoras de praia, essas pulgas são animais saltadores vigorosos, comuns em praias arenosas. No solo, são ávidas consumidoras de serapilheira, facilitando sua degradação e liberação de nutrientes.

Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:
<https://www.inaturalist.org/taxa/47628-Amphipoda>



LEMAS E CARACÓIS

(em inglês, *slugs* e *snails*)



Classe: Gastropoda

Características:

- São parte da macrofauna do solo;
- Não possuem patas;
- Possuem dois tentáculos (que se assemelham a antenas), os quais possuem olhos na extremidade;
- Podem possuir conchas (caracóis) ou não (lesmas).



Exemplo de caramujo/caracol (Foto: Marie Bartz).



Exemplo de lesma (Foto: Marie Bartz).

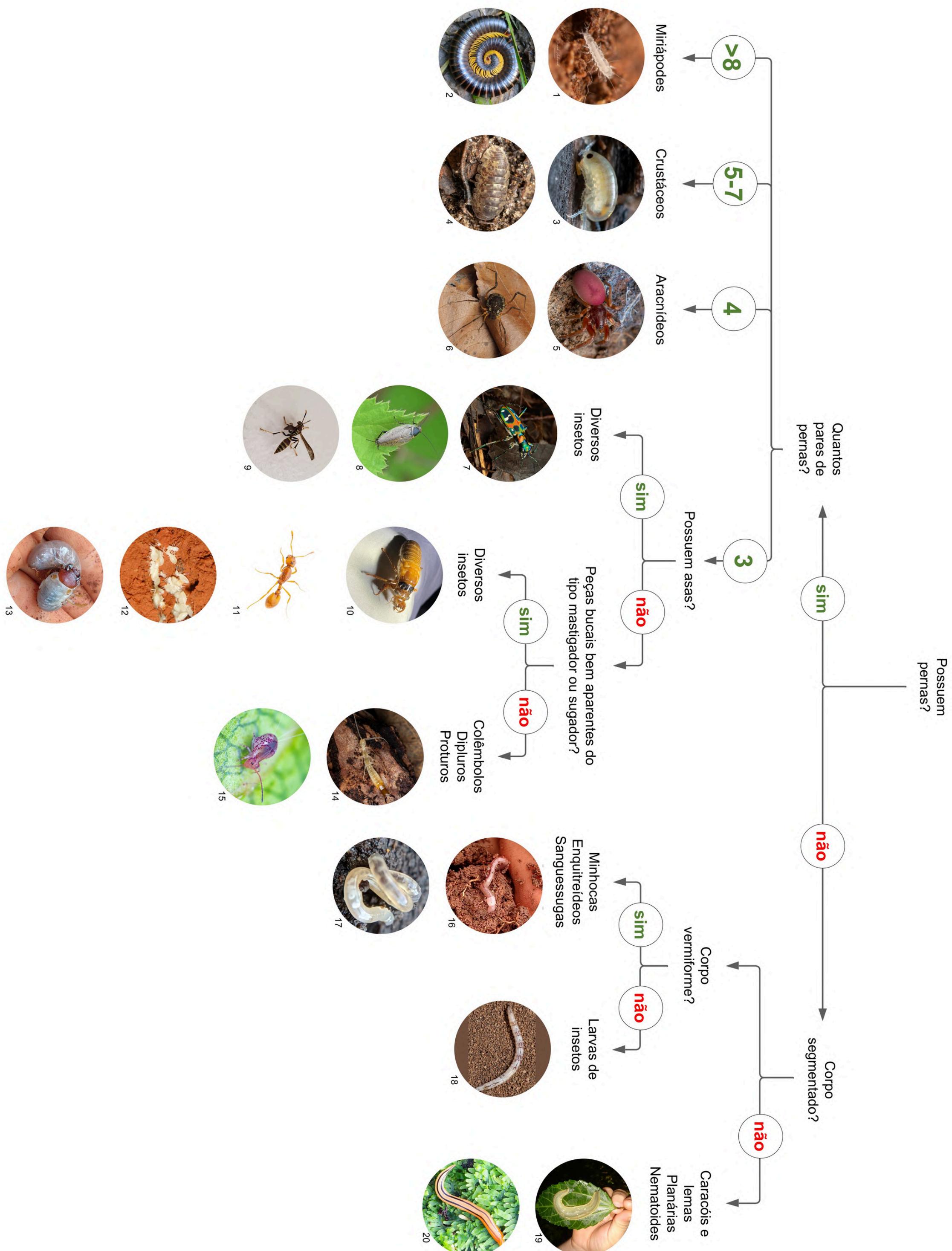
Observações e importância funcional:

Algumas espécies são pragas de culturas agrícolas.

Para mais informações e fotos acesse o QR code ou o link:
<https://www.inaturalist.org/taxa/47114-Gastropoda>



Figura 14. Chave simplificada de identificação de alguns grupos da fauna do solo. Fonte: Modificado de Eglin et al. (2010).



Capítulo 4

Apresentação e interpretação
dos resultados da macro e
mesofauna

A apresentação dos dados obtidos é uma das etapas finais de qualquer estudo e, portanto, deve ser realizada da maneira correta a fim de possibilitar a melhor visualização e interpretação dos resultados. A forma como os dados são apresentados vão além da importância individual do estudo devendo, portanto, serem exibidos de tal forma possibilitem a reutilização dos mesmos em sínteses e meta-análises futuras. Tal prática, aumenta a “vida útil” dos dados, permitindo o constante acúmulo do conhecimento. Além disso, os dados do estudo devem ser depositados em repositórios gratuitos como, por exemplo, o Zenodo (www.zenodo.org).

A interpretação do comportamento das comunidades da fauna edáfica em muitos casos não é clara, ocorrendo, às vezes, resultados contrários ao indicado pela literatura. Devido a isso, é de suma importância registrar todos as informações observadas, incluindo as particularidades de cada local avaliado, pois estas irão auxiliar na interpretação dos resultados obtidos. Como abordado anteriormente, variáveis ambientais, como dados sobre o manejo e as propriedades químicas e físicas do solo são importantes para a compreensão da ecologia da macro e mesofauna do solo. Dessa forma, este capítulo tem por objetivo ser um guia para a apresentação e interpretação dos resultados da macro e mesofauna do solo.

Apresentação e interpretação dos resultados

Existem diversas formas de apresentar os dados coletados, que podem ser apresentados na forma de tabelas, por exemplo, Tabela 1. As tabelas devem ser claras, apresentando o número médio de organismos coletados, podendo ser o número médio por amostra ou o número de indivíduos por m^2 , quando resultante de coletas quantitativas com TSBF e Funis Berlese-Tullgren. Os números devem ser apresentados por táxon, representando a abundância, e/ou a densidade total (soma do número de indivíduos em cada classe) e a frequência relativa (porcentagem de cada grupo em relação a abundância total).

Exemplo de descrição:

“Na Tabela 4 se observa que na área sob o cultivo de Hortaliças foram coletados 540 indivíduos na interface serrapilheira-solo (armadilhas *pitfall*) distribuídos em 5 grupos taxonômicos. A maior frequência relativa foi de colêmbolos (Collembola), totalizando 63% dos indivíduos coletados, seguido de tatusinhos-de-jardim (Isopoda) com 15,4%. Foram coletados 496 indivíduos com os funis de Berlese-Tullgren, os quais estavam distribuídos em 4 grupos taxonômicos, com ácaros (Acari) representando 78% dos indivíduos, seguido de Collembola (19,8%).”

Os dados também podem ser apresentados na forma de figuras como boxplots ou gráficos de barras (Figura 13). É sempre importante colocar medidas que indiquem a dispersão dos dados como desvio padrão ou erro padrão, pois indicam a variação das repetições em relação à média.

Tabela 4. Abundância (número de indivíduos) e frequência relativa (%) dos organismos coletados pelos métodos de armadilhas *pitfall* e Funis de Berlese-Tullgren em diferentes sistemas de uso do solo da UFPel - Campus.

Táxon	Hortaliças	Vegetação espontânea	Grama rasteira	Mata
número médio de indivíduos coletados nas armadilhas pitfall				
Acari	44 (8,1%)	21 (6,8%)	164 (41,4%)	43 (23,6%)
Collembola	340 (63%)	163 (53,3%)	238 (45,5%)	50 (27,5%)
Diplura	44 (8,1%)	35 (11,5%)	0	1 (0,5 %)
Amphiphoda	18 (3,3%)	8 (2,6%)	104 (19,8%)	2 (1,1%)
Isopoda	94 (17,4%)	75 (24,5%)	17 (3,3%)	23 (12,6%)
Sympyla	0	0	0	57 (31,3%)
Enchytraeidae	0	4 (1,3%)	0	6 (3,4%)
Total	540	306	523	182
número médio de indivíduos coletados nos funis de Berlese-Tullgren				
Acari	387 (78%)	356 (67,4%)	381 (71,6%)	1919 (69,7%)
Collembola	98 (19,8 %)	163 (30,9%)	118 (22,2%)	786 (28,6%)
Diplura	0	0	19 (3,6%)	0
Amphiphoda	0	0	0	6 (0,2%)
Isopoda	9 (1,8%)	9 (1,7%)	1 (0,2%)	0
Sympyla	2 (0,4%)	0	12 (2,2%)	35 (1,3%)
Enchytraeidae	0	0	1 (0,2%)	5 (0,2%)
Total	496	528	532	2751

É válido ressaltar que para a comparação dos dados é necessária a análise estatística dos dados

“A densidade de formigas variou de 486 a 1560 ind. m^{-2} , não havendo diferenças significativas entre os sistemas avaliados; resultado similar foi observado para os cupins com abundância variando de 21 a 1200 ind. m^{-2} (Figura 15A). A área em regeneração apresentou a maior densidade de minhocas (912) seguida da floresta secundária (296) e da floresta nativa (13 ind. m^{-2}). As centopeias foram mais abundantes na floresta nativa (107; Figura 15B) em relação a floresta secundária (56) e a área em regeneração (3 ind. m^{-2}). Besouros apresentaram maiores valores de densidade na floresta nativa (300) e na secundária (220) comparada com a área em regeneração (16 ind. m^{-2}). Enquanto para as aranhas, só foram observadas diferenças significativas entre a floresta nativa (67) e a área em regeneração (5 ind. m^{-2}).”

Na Figura podemos observar como uma medida de dispersão é importante para ajudar a entender a ausência de diferenças significativas entre as médias. Para as formigas, embora tenhamos uma média 3 vezes maior na área em regeneração, as barras do desvio padrão indicam uma variação muito grande entre as repetições, o que justifica a ausência de diferenças significativas. Além disso, é possível observar como o método TSBF acaba sendo limitado na amostragem dos insetos sociais, pois essa alta variabilidade também é observada para os cupins.

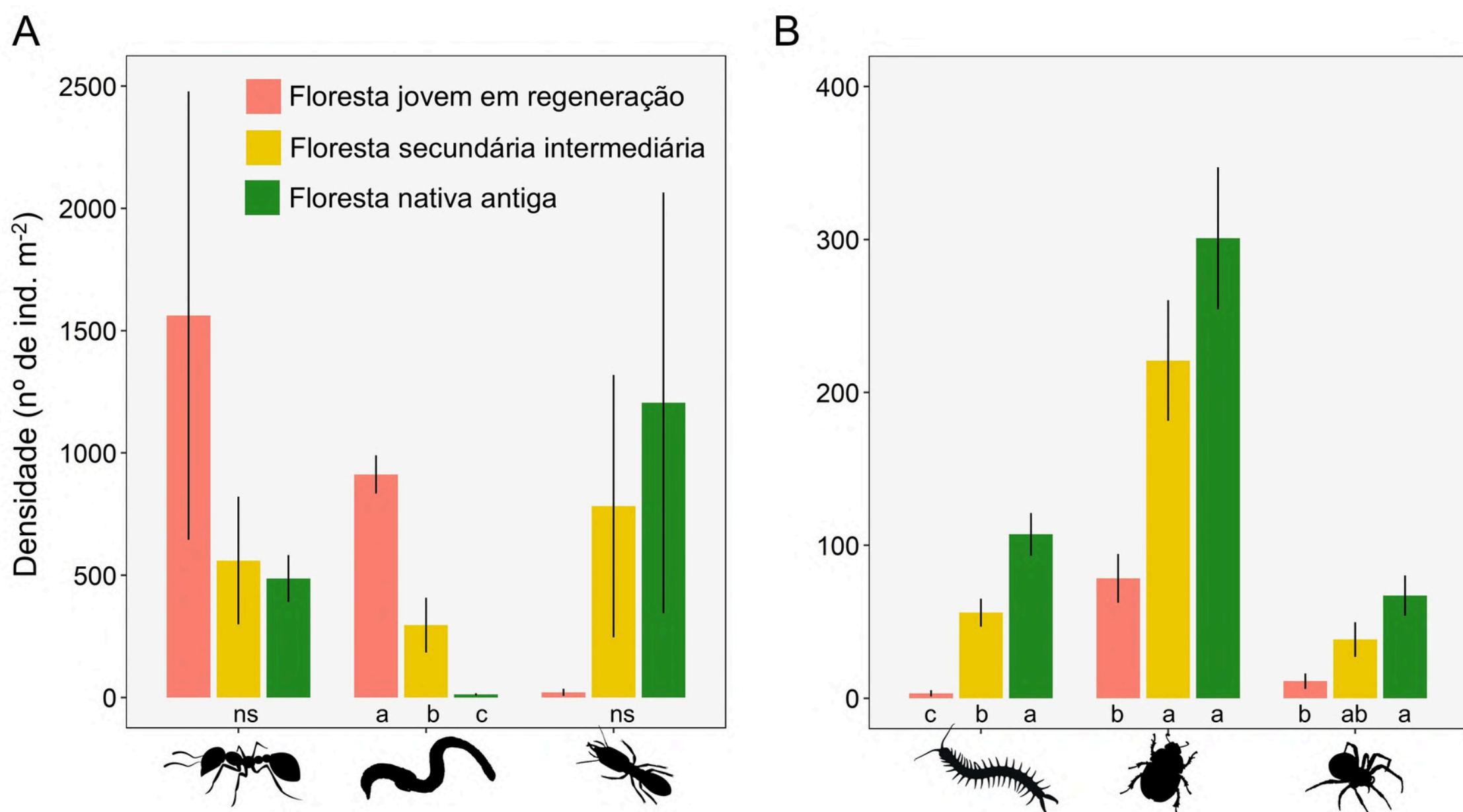


Figura 13. Densidade média (nº ind. m⁻²) até 30 cm de profundidade da macrofauna do solo coletado usando o método TSBF em florestas em diferentes estágios de regeneração: floresta jovem em regeneração, floresta secundária intermediária e floresta nativa antiga. A) Densidade média de formigas, minhocas e cupins; B) Densidade média de centopeias, besouros e aranhas. Barras em preto indicam o desvio padrão (n=10) e as letras indicam diferenças significativas entre as áreas avaliadas para cada táxon da macrofauna. Fonte: Adaptado de Demetrio et al. (2024).

Recomendações do que **NÃO** fazer na apresentação dos dados.

- Apresentar os dados das comunidades da fauna do solo apenas usando análises multivariadas;
- Apresentar apenas índices ecológicos e, não apresentar dados de abundância;
- Apresentar somente médias por grupos funcionais e, não apresentar dados dos táxons;
- Apresentar médias gerais por região, município ou local e não apresentar valores médios de cada sistema estudado;
- Apresentar dados da fauna por volume de solo em vez de por metro quadrado;
- Apresentar os resultados sem a unidade de medida;
- Não apresentar medidas de dispersão das médias como desvio padrão ou erro padrão.

REFERÊNCIAS

Anderson, J. M.; Ingram, J. S. I. **Tropical Soil Biology and Fertility: A handbook of methods**. 2 ed. Oxford: Oxford University Press, 1993.

Anthony, M.A.; Bender, S.F.; van der Heijden, M. Enumerating soil biodiversity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 120, pp. e2304663120, 2023. <https://doi.org/10.1073/pnas>

Aquino, A. **Manual para coleta de macrofauna do solo**. Documentos 130. Embrapa Agrobiologia, 18 p., 2001.

Aquino, A.; Correia, M.; Badejo, M. **Amostragem da mesofauna edáfica utilizando funis de Berlese-Tullgren modificado**. Circular Técnica 17. Embrapa Agrobiologia, 4 p., 2006.

Brown, G. R. & Matthews, I. M. A review of extensive variation in the design of pitfall traps and a proposal for a standard pitfall trap design for monitoring ground-active arthropod biodiversity. **Ecology and Evolution**, v. 6(12), pp. 3953-64, 2016. <https://doi.org/10.1002/ece3.2176>

Brown, G. G.; da Silva, E.; Thomazini, M. J.; Niva, C. C.; Decaëns, T.; Cunha, L.; Nadolny, H.; Demetrio, W. C.; Santos, A.; Ferreira, T.; Maia, L.M.; Conrado, A. C.; Segalla, R.; Ferreira, A. C.; Pasini, A.; Bartz, M. L. C.; Sautter, K.; James, S. W.; Baretta, D.; Antoniolli, Z. I.; Briones, M. J. I.; Römbke, J.; Lavelle, P. The role of soil fauna in soil health and delivery of ecosystem services, in: Reicosky, D. (Ed.), **Managing Soil Health for Sustainable Agriculture**. Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing Limited, pp. 197–241, 2018.

Brown, G. G.; Demetrio, W. C.; Nadolny, H. S.; Santos, A.; Ferreira, T.; Bartz, M. L. C.; Niva, C. C.; Pasini, A.; Sautter, K. D.; Bruz, L. S. M.; Cooper, M.; Mathieu, J. Macrofauna do solo e sua importância nos processos edáficos e na provisão de serviços ecossistêmicos. In: Bartz, M. L. C.; Demetrio, W. C.; Nadolny, H. S.; Santos, A.; Bruz, L. S. M.; Ferreira, T.; Niva, C. C.; Sautter, K. D.; Pasini, A.; Mathieu, J.; Cooper, M.; Brown, G. G. (eds). **Macrofauna edáfica nos ecossistemas brasileiros**. Londrina: Madreperola, 2025.

Bruckner, A. Methods for the extraction of microarthropods from soil: A bibliography and guide to the literature. **Soil Organisms**, v. 96(3), pp. 195-207, 2024. <https://doi.org/10.25674/432>

Coleman, D.C.; Callaham, M.A.; Crossley Jr., D.A. **Fundamentals of Soil Ecology**. 3ed. London: Academic Press, 370 p., 2017. <https://doi.org/10.1016/c2015-0-04083-7>

Demetrio, W. C.; Nadolny, H. S.; Quentin, G.; Mathieu, J.; Cooper, M.; Lavelle, P.; Santos, A.; Bruz, L. S. M.; Ferreira, T.; Bartz, M. L. C.; Pasini, A.; Niva, C. C.; Sautter, K. D.; Brown, G. G. Macrofauna nos solos brasileiros: Estado da arte e recomendações de coleta. In: Bartz, M. L. C.; Demetrio, W. C.; Nadolny, H. S.; Santos, A.; Bruz, L. S. M.; Ferreira, T.; Niva, C. C.; Sautter, K. D.; Pasini, A.; Mathieu, J.; Cooper, M.; Brown, G. G. (eds). **Macrofauna edáfica nos ecossistemas brasileiros**. Londrina: Madreperola, 2025.

Demetrio, W. C.; Brown, G. G.; Pupin, B.; Dudas, R.T.; Novo, R.; Motta, A. C. V.; Bartz, M. L. C.; Borma, L. S. Soil macrofauna and water-related functions in patches of regenerating Atlantic Forest in Brazil. **Pedobiologia**, v. 103, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2024.150944>

Dionísio, J.; Signor, D. Protocolo XV - Extração da mesofauna edáfica pelo método do funil de Berlese-Tullgren modificado. In: Dionísio, J.; Pimentel, I. C.; Signor, D.; Paula, A. M.; Maceda, A.; Mattana, A. L. (eds). **Guia prático de biologia do solo**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, pp.107-112, 2016.

Drift, J. van der. Analysis of the animal community in a beech forest floor. **Tijdschrift voor Entomologie**, v. 94, 1-168, 1951.

Duelli, P.; Obrist, M.; Schmatz, D. Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: above-ground insects. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 74, pp. 33-64, 1999. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-50019-9.50006-6>

Dunger, W. Die Bedeutung der Bodenfauna über die Streuzersetzung. **Tagungsber Dtsch Akad Landwirtschaftswiss Berl**, v. 60, pp. 99-114, 1964.

Eisenhauer, N.; Bonn, A. & Guerra, C.A. Recognizing the quiet extinction of invertebrates. **Nature Communications**, v.10:50, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07916-1>

Eglin, T.; Clanchart, E.; Berthelin, J.; de Cara, S.; Grolleau, G.; Lavelle, P. Richaume-Jolian, A.; Bardy, M.; Bispo, A. **La vie cachée des sols**, MEEDDM, 20 p., 2010.

Guerra, C. A.; Heintz-Buschart, A.; Sikorski, J.; Chatzinotas, A.; Guerrero-Ramírez, N.; Cesarz, S.; Beaumelle, L.; Rillig, M. C.; Maestre, F. T.; Delgado-Baquerizo, M.; Buscot, F.; Overmann, J.; Patoine, G.; Phillips, H. R. P.; Winter, M.; Wubet, T.; Küsel, K.; Bardgett, R. D.; Cameron, E. K.; Cowan, D.; Grebenc, T.; Marín, C.; Orgiazzi, A.; Singh, B. K.; Wall, D. H.; Eisenhauer, N. Blind spots in global soil biodiversity and ecosystem function research. **Nature Communications**, v.11 (n. 1), pp. 1-13, 2020.

Guerra, C. A.; Bardgett, R.D.; Caon, L.; Crowther, T. W.; Delgado-Baquerizo, M.; Montanarella, L.; Navarro, L. M.; Orgiazzi, A.; Singh, B. K.; Tedersoo, L.; Vargas-Rojas, R.; Briones, M. J. I.; Buscot, F.; Cameron, E. K.; Cesarz, S.; Chatzinotas, A.; Cowan, D. A.; Djukic, I.; van den Hoogen, J.; Lehmann, A.; Maestre, F. T.; Marín, C.; Reitz, T.; Rillig, M.C.; Smith, L. C.; de Vries, F. T.; Weigelt, A.; Wall, D. H.; Eisenhauer, N. Tracking, targeting, and conserving soil biodiversity. **Science**, v. 371 (n. 6526), pp. 239-241, 2021. <https://doi.org/10.1126/science.abd7926>

Lavelle, P.; Bignell, D.; Heal, W.; Lepage, M.; Roger, P.; Dhillon, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v. 33, pp. 159–193, 1997.

Lavelle, P.; Mathieu, J.; Spain, A.; Brown, G.; Fragoso, C.; Lapiel, E.; De Aquino, A.; Barois, I., Barrios, E.; Barros, M. E.; Bedano, J. C.; Blanchart, E.; Caulfield, M.; Chagueza, Y.; Dai, J.; Decaëns, T.; Dominguez, A.; Dominguez, Y.; Feijoo, A.; Folgarait, P.; Fonte, S. J.; Gorosito, N.; Huerta, E.; Jimenez, J. J.; Kelly, C.; Loranger, G.; Marchão, R.; Marichal, R.; Praxedes, C.; Rodriguez, L.; Rousseau, G.; Rousseau, L.; Ruiz, N.; Sanabria, C.; Suarez, J. C.; Tondoh, J. E.; De Valença, A.; Vanek, S. J.; Vasquez, J.; Velasquez, E.; Webster, E.; Zhang, C. Soil macroinvertebrate communities: A world-wide assessment. **Global Ecology and Biogeography**, v. 31, pp. 1261–1276, 2022. <https://doi.org/10.1111/geb.13492>

Moreira, F.; Huisng, E. J.; Bignell, D. E. (eds). **Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade**. Lavras: UFLA, 367 p., 2010.

Orgiazzi, A.; Bardgett, R. D.; Barrios, E.; Behan-Pelletier, V.; Briones, M. J. I.; Chotte, J-L.; De Deyn, G. B.; Eggleton, P.; Fierer, N.; Fraser, T.; Hedlund, K.; Jeffery, S.; Johnson, N. C.; Jones, A.; Kandeler, E.; Kaneko, N.; Lavelle, P.; Lemanceau, P.; Miko, L.; Montanarella, L.; Moreira, F. M. S.; Ramirez, K. S.; Scheu, S.; Singh, B. K.; Six, J.; van der Putten, W. H.; Wall, D. H. **Global soil biodiversity atlas**. Luxembourg: European Union, 2016.

Potapov, A. M.; Sun, X.; Barnes, A. D.; Briones, M. J.; Brown, G. G.; Cameron, E. K.; Chang, C.- H.; Cortet, J.; Eisenhauer, N.; Franco, A. L. C.; Fujii, S.; Geisen, S.; Guerra, C.; Gongalsky, K.; Haimi, J.; Handa, I. T.; Janion-Sheepers, C.; Karaban, K.; Lindo, Z.; Matthieu, J.; Moreno, M. L.; Murvanidze, M.; Nielsen, U.; Scheu, S.; Schmidt, O.; Schneider, C.; Seeber, J.; Tsiafouli, M.; Tuma, J.; Tiunov, A.; Zaytsev, A.S.; Ashwood, F.; Callaham, M.; Wall, D. Global monitoring of soil animal communities using a common methodology. **Soil Organisms**, v. 94, p.55–68, 2022. <https://doi.org/10.25674/so94iss1id178>

Ruiz, N.; Lavelle, P.; Jiménez, J. **Soil macrofauna field manual**. 1. ed. Rome: FAO, 2008. E-book.

Signor, D.; Dionísio, J. Protocolo XVI - Método de extração da macrofauna edáfica (Anderson; Ingram, 1993). In: Dionísio, J.; Pimentel, I. C.; Signor, D.; Paula, A. M.; Maceda, A.; Mattana, A. L. (eds). **Guia prático de biologia do solo**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, pp. 116-118, 2016.

Swift, M. J.; Heal, O. W.; Anderson J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 372 p., 1979.

Wallwork, J.A. **Ecology of Soil Animals**. London: McGraw-Hill, 283 p., 1970.

