



7

Fauna edáfica e epiedáfica em Florestas com Araucária

George Gardner Brown
Quentin Gabriac

Introdução

O solo é um ente vivo contendo um imenso zoológico subterrâneo ainda muito pouco conhecido, em geral (Decaens et al., 2008). A fauna do solo (edáfica) e da serapilheira (epiedáfica) inclui mais de 70 grupos taxonômicos diferentes (Tabela 1), representando milhares de espécies no Brasil (Lewinsohn et al., 2005), muitas delas ainda pouco conhecidas ou completamente desconhecidas (Brown et al., 2015). Em geral, para facilitar o trabalho com esse grupo mega-diverso, e por existirem diferentes formas de captura e estudo dos mesmos, eles são classificados, de acordo com o tamanho, em micro, meso, macro e megafauna edáfica (Tabela 1).

A microfauna compreende organismos microscópicos ($< 0,1$ mm de diâmetro) que vivem na solução do solo (Figura 1), e incluem organismos parasitas, predadores e rizófagos como os nematoides (Nematoda), rotíferos (Rotifera) e tardígrados (Tardigrada), que atuam principalmente na ciclagem de nutrientes e no controle da produção vegetal, por se alimentarem essencialmente de outros animais, raízes das plantas e micro-organismos como bactérias, protozoários, fungos, algas e actinomicetes (Orgiazzi et al., 2016; Tabela 1). A mesofauna é composta por pequenos animais com diâmetro entre 0,1 mm e 2 mm (Figura 1), como os ácaros (Acari), colêmbolos (Collembola), Diplura, Protura, enquiteídeos (Enchytraeidae), sínfilos (Symphyla) e pseudo-escorpiões (Pseudoscorpiones), entre outros (por ex., micro-coleópteros, formigas, aranhas), que se alimentam principalmente de matéria orgânica em decomposição e fungos ou são predadores de outros organismos menores como os nematoides e protozoários, contribuindo grandemente para a fragmentação da serapilheira e a ciclagem de nutrientes (Coleman et al., 2004; Tabela 1).

Já os animais da macrofauna são visíveis a olho nu (diâmetro > 2 mm; Figura 1) e incluem mais de 30 grupos taxonômicos (Tabela 1), como as minhocas, cupins, formigas, centopeias, piolhos de cobra, baratas, aranhas, opiliões, tesourinhas, grilos, caracóis e lesmas, escorpiões, percevejos, cigarras, tripes, tatuzinhos, traças, larvas de mosca e de mariposas, larvas e adultos de besouros, entre outros (Ruiz et al., 2008). Estes podem ingerir solo (geófagos), partes vivas aéreas (fitófagos) e raízes (rizófagos) das plantas, matéria orgânica do solo (humívoros), serapilheira (detritívoros), madeira (xilófagos), outros animais (predadores, parasitas, necrófagos) e fungos (fungívoros) (Brown et al., 2015). Porém, há também vertebrados que habitam temporariamente ou permanentemente o solo (às vezes chamada de megafauna edáfica; Tabela 1), incluindo algumas cobras cegas, anfíbios, pequenos roedores, toupeiras e salamandras, que contribuem para a bioturbação e são principalmente rizófagos ou predadores de outros animais (Orgiazzi et al., 2016).

A fauna edáfica e epiedáfica inclui organismos que vivem no solo ou na serapilheira por uma parte essencial de seu ciclo de vida, e podem ser classificadas segundo sua função no solo, em quatro grandes grupos: 1) os predadores e parasitas, que se alimentam de outros animais e microorganismos; 2) os detritívoros e decompositores, que desintegram a serapilheira e se alimentam de matéria orgânica em diferentes estágios de decomposição; 3) os geófagos e bioturbadores que comem ou transportam solo, afetando sua estrutura e propriedades físicas; e 4) os fitófagos e pragas que se alimentam de plantas (Brown et al., 2001). Portanto, sua atividade no solo e na serapilheira contribui para a provisão de diversos serviços ecossistêmicos, e à qualidade do solo, tais como: a decomposição, a ciclagem de nutrientes, a emissão de gases de efeito estufa e o sequestro de C no solo, a produtividade primária, a dispersão de sementes, a infiltração da água e sua disponibilidade no perfil (ver Brown et al., 2015). Suas populações podem variar entre alguns indivíduos (para a macrofauna) até vários milhões de indivíduos (para a microfauna) por metro quadrado e, devido a essas variações, normalmente são estudadas de forma independente, usando métodos específicos para cada grupo ou táxon principal (Coleman et al., 2004).

**Tabela 1.** Representantes de micro, meso, macro e megafauna edáfica/epiedáfica, seus nomes comuns e sua classificação taxonômica e funcional (ampliado de Brown et al., 2015, 2018).

Classe de tamanho (diâmetro) Classificação taxonômica	Nome comum	Grupo funcional			
		Geófago/ Bioturbador	Detritívoro/ Decompositor	Fitófago/ Praga	Predador/ Parasita
Microfauna (< 0,1 mm)					
Filo Nematoda	Nematóides		X	X	X
Filo Rotifera	Rotíferos		X		X
Filo Tardigrada	Ursos d'água		X		X
Mesofauna (0,1 mm a 2 mm)					
Filo Annelida					
Classe Clitellata					
Subclasse Oligochaeta					
Ordem Enchytraeida					
Família Enchytraeidae	Enquiteídeos	X	X		
Filo Arthropoda					
Subfilo Chelicerata					
Classe Arachnida					
Ordem Acari	Ácaros		X	X	X
Ordem Palpigradi	ND				X
Ordem Pseudoscorpiones	Pseudo-escorpiões		X		X
Subfilo Myriapoda					
Classe Pauropoda	ND		X		X
Classe Symphyla	Sínfilos		X	X	X
Subfilo Hexapoda					
Classe Entognata					
Ordem Collembola	Colêmbolos		X	X	
Ordem Diplura	ND		X		X
Ordem Protura	ND		X		
Macrofauna (> 2 mm)					
Filo Annelida					
Classe Clitellata					
Subclasse Oligochaeta					
Ordem Crassicitellata	Minhocas	X	X		
Subclasse Hirudinea	Sanguessugas				X
Filo Artropoda					
Subfilo Chelicerata					
Classe Arachnida					
Ordem Amblypygi	Aranha chicote				X
Ordem Araneae	Aranhas	X			X
Ordem Ixodida	Carrapatos				X
Ordem Opiliones	Opiliões	X			X
Ordem Ricinulei	ND	X			X
Ordem Schizomida	ND	X			X
Ordem Scorpiones	Escorpiões	X			X
Ordem Solifugae	Solífugos				X
Ordem Thelyphonida	Escorpião-vinagre				X
Subfilo Crustacea					
Classe Malacostraca					
Ordem Amphipoda					
Família Talitridae	Pulgas-da-areia, anfípodes	X	X		

Continua...



Tabela 1. Continuação...

Classe de tamanho (diâmetro) Classificação taxonômica	Nome comum	Grupo funcional			
		Geófago/ Bioturbador	Detritívoro/ Decompositor	Fitófago/ Praga	Predador/ Parasita
Ordem Isopoda	Tatuzinhos, tatu-bolinha	X	X		X
Subfilo Hexapoda					
Classe Insecta					
Ordem Achaeognatha	ND		X	X	
Ordem Zygentoma	Traças		X	X	
Ordem Blattodea: Blattaria	Baratas	X	X	X	
Termitoidea	Cupins	X	X	X	
Ordem Coleoptera	Besouros	X	X	X	X
Família Carabidae	Carabídeos, besouros-tigre	X			X
Família Cerambycidae	Serra-pau		X		
Família Chrysomelidae	Vaquinhas, Larva-alfinete	X	X	X	
Família Elateridae	Larvas-aramé, vermes-aramé	X	X	X	X
Família Histeridae	Histerídeos	X	X		X
Família Scarabaeidae	Corós, rola-bostas, escaravelho	X	X	X	
Família Staphylinidae	Estafilínídeos	X	X		X
Família Tenebrionidae	Idiamin	X		X	
Ordem Dermaptera	Tesourinhas	X	X	X	X
Ordem Diptera	Moscas	X	X	X	X
Ordem Embioptera	Embiópteros	X	X		
Ordem Hemiptera	Cigarras, cigarrinhas, percevejos	X	X	X	X
Ordem Hymenoptera					
Família Formicidae	Formigas, saúvas, quenquém	X	X	X	X
Família Vespidae	Vespas, marimbondos	X			X
Família Apidae	Abelhas sem ferrão, mamangabas, zangão, abelhas solitárias	X			X
Ordem Lepidoptera	Mariposas, borboletas			X	X
Ordem Neuroptera					
Família Myrmeleontidae	Formigas-leão	X			X
Ordem Orthoptera	Grilos, paquinhos	X	X	X	
Ordem Psocoptera	NA		X	X	
Ordem Thysanoptera	Tripes		X	X	X
Subfilo Myriapoda					
Classe Chilopoda	Centopéias, lacraias	X			X
Classe Diplopoda	Milipéias, piolhos de cobra, gongôlos	X	X	X	
Filo Mollusca					
Classe Gastropoda	Caracóis, lesmas	X	X	X	
Filo Nematoda					
Classe Enoplea					
Ordem Mermithida	Nematóides entomoparasitas				X
Filo Nematomorpha					
Ordem Gordioidea	Vermes crina de cavalo				X

Continua...



Tabela 1. Continuação...

Classe de tamanho (diâmetro) Classificação taxonômica	Nome comum	Grupo funcional			
		Geófago/ Bioturbador	Detritívoro/ Decompositor	Fitófago/ Praga	Predador/ Parasita
Filo Platyhelminthes					
Classe Rhabditophora	Planárias terrestres				X
Filo Onychophora	Onicóforos				X
Megafauna (vertebrados)					
Filo Chordata					
Subfilo Vertebrata					
Classe Amphibia					
Ordem Urodela					
Família Plethodontidae	Salamandras	X			X
Ordem Gymnophiona	Gimnofionos, cobras-cegas	X			X
Classe Mammalia					
Ordem Rodentia					
Família Ctenomyidae	Tuco-tucos, ratos-de-pentes	X		X	X
Família Cricetidae	Ratos-do-chão	X		X	X
Família Echimyidae	Ratos-de-espinho	X		X	X
Ordem Cingulata					
Família Dasypodidae	Tatu	X			X
Classe Reptilia					
Ordem Squamata					
Família Amphisbaenidae	Anfisbenas, cobra de duas cabeças	X			X
Família Anomalepididae	Cobras-cegas	X			X
Família Leptotyphlopidae	Cobra-chumbinho	X			X
Família Typhlopidae	Cobras-cegas	X			X
Classe Aves					
Ordem Strigiformes					
Família Strigidae	Coruja-buraqueira	X			X

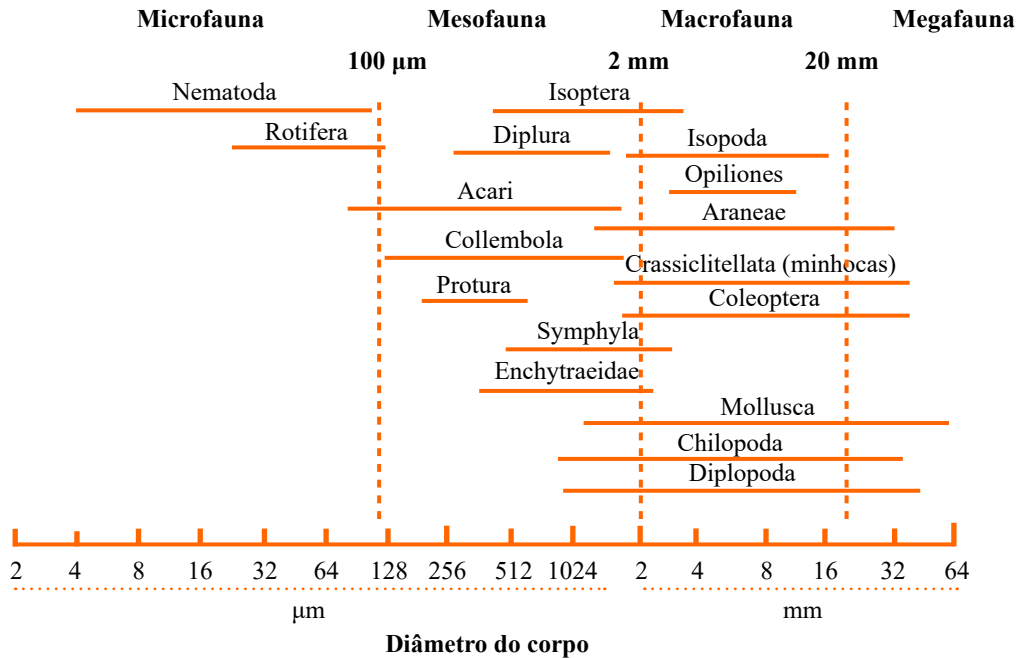


Figura 1. Esquema de classificação de alguns principais membros da fauna edáfica/epiedáfica por tamanho.

Fonte: Adaptada de Swift et al. (1979).

As Florestas com Araucária representam um habitat especial para a fauna edáfica e epiedáfica no Brasil, pois ocorrem principalmente em áreas com climas mais frios sem estação seca definida (especialmente Cfb e menos em Cfa), no bioma da Mata Atlântica das regiões Sul e Sudeste do País. Nessas condições, a atividade da biota do solo pode se desenvolver durante o ano todo, pois há poucas restrições de temperatura e umidade no solo, excetuando os períodos de veranico ou de ausência mais prolongada de chuva, e aqueles em que as temperaturas registram valores abaixo de 0 °C. Além disso, em algumas regiões, especialmente em altitudes maiores, com temperaturas médias anuais mais baixas, pode haver grande aporte e, ou acúmulo de serapilheira, providenciando abrigo e alimento para a fauna edáfica e epiedáfica. Essa fauna pode, também, alcançar populações importantes e contribuir significativamente para os processos edáficos. Contudo, a fauna edáfica e epiedáfica das Florestas com Araucária é ainda pouco conhecida no Brasil, tendo sido alvo de relativamente poucos estudos, em comparação com os outros tipos de florestas na Mata Atlântica, particularmente as Florestas Ombrófilas Densas e Estacionais Semidecíduais (Gabriac, 2020).

Nas sessões a seguir, será apresentada uma revisão dos resultados disponíveis na literatura sobre as populações de fauna edáfica e epiedáfica em Florestas com Araucária no Brasil, e enfocados especialmente os organismos com potencial de maior impacto sobre as propriedades físicas e químicas dos solos, particularmente a macrofauna e as minhocas (Crassiclitellata: Annelida), em detalhe. Para essa revisão, realizou-se uma busca na internet, usando diversas plataformas como a Scielo, Web of Science, Google Scholar e a Base de Dados de Teses e Dissertações (BDTD) no Brasil, visando encontrar trabalhos contendo diversas palavras-chave incluindo: fauna, invertebrados, macrofauna, mesofauna, microfauna, minhocas, solo, edáfico(a), *Araucaria*, Floresta Ombrófila Mista, reflorestamento e plantio florestal. Buscas foram feitas primordialmente em português, mas também em inglês para a literatura internacional publicada em outros idiomas.

Macro e mesofauna edáfica e epiedáfica em florestas com Araucária

Duas revisões recentes sobre a fauna edáfica em ecossistemas florestais (Oliveira Filho et al., 2018a) e em Florestas com Araucária (Pereira et al., 2015) apresentaram diversos trabalhos sobre o tema, mas eles não fizeram uma síntese geral sobre a macro e mesofauna em Florestas com Araucária, sendo que, Pereira et al. (2015) enfocaram somente resultados de Campos do Jordão, estado de São Paulo. Na Tabela 2, portanto, é apresentada uma lista dos trabalhos publicados sobre a meso e macrofauna edáfica e epiedáfica em florestas nativas e plantios (reflorestamento) com araucária no Brasil. A listagem não é exaustiva, pois é dado maior enfoque aos trabalhos que avaliaram a comunidade total ou alguns grupos principais da meso ou macrofauna (Collembola, aranhas, minhocas, formigas, Coleoptera, Enchytraeidae).

Os trabalhos avaliaram as populações e, ou diversidade de grupos ou táxons específicos da macro e mesofauna do solo e da liteira em 85 localidades dos estados de Paraná (34), Santa Catarina (19), Rio Grande do Sul (17), São Paulo (12) e Minas Gerais (3), principalmente em áreas de Floresta Ombrófila Mista (mata nativa com araucária; 64 locais), e em alguns plantios florestais e reflorestamentos (21 locais). Os estudos evidenciaram uma alta riqueza de espécies e grupos taxonômicos da fauna edáfica/epiedáfica em Florestas com Araucária, especialmente nas florestas nativas (incluindo um número importante de espécies novas ou registros novos, particularmente de minhocas, formigas, aranhas, Collembola, enquitreídeos e besouros), em relação aos plantios florestais. Em vários estudos, avaliou-se a relação da fauna com atributos edáficos/ambientais, mas, em geral, essa relação incluía outros sistemas de uso do solo e não apenas Florestas com Araucária, o que pode alterar as conclusões relativas a somente os sistemas florestais. Portanto, apesar da abrangência geográfica e taxonômica desses estudos, ainda há muito a ser esclarecido sobre a relação entre a fauna edáfica/epiedáfica e os atributos ambientais, tais como os efeitos de tipos de solo, variações climáticas, qualidade da serapilheira e composição florística da floresta sobre a abundância e riqueza de táxons da meso e macrofauna. Além disso, poucos trabalhos exploraram os impactos da fauna sobre as propriedades do solo e a decomposição da serapilheira ou a produtividade vegetal (ver Trigo et al., 2015), sendo necessários ainda estudos mais detalhados sobre a importância funcional da fauna nos solos das Florestas com Araucária. Também não existe quase nada publicado sobre a microfauna (rotíferos, tardígrados e nematóides) e pouco sobre a megafauna edáfica em Florestas com Araucária, sendo esses importantes nichos de pesquisa ainda a serem explorados.

Dos estudos enfocando a macrofauna, grande parte usou armadilhas de queda (Tabela 2), que capturam tanto a macro quanto a mesofauna ativa na superfície do solo, principalmente. Esses grupos incluem, mais comumente, os ácaros e colembolas da mesofauna, e as aranhas, formigas, besouros (especialmente predadores como Staphylinidae e Carabidae), tatuzinhos, baratas, tesourinhas, anfípodas, traças, milipéias, centopéias e grilos, entre outros membros da macrofauna. Contudo, esses trabalhos são de comparação difícil, pois o método de coleta é bastante variável quanto ao tempo de colocação no campo, e porque não amostra uma área específica comparável. Portanto, os detalhes sobre esses estudos serão deixados para outro trabalho, e decidiu-se comparar apenas os estudos que avaliaram as comunidades da macrofauna edáfica e epiedáfica usando o método padrão (às vezes ligeiramente modificado) do Tropical Soil Biology and Fertility Program (TSBF) da Unesco (Anderson; Ingram, 1993), também padronizado pela ISO (2018). Este método consiste na catação manual de invertebrados da liteira e de monólitos de solo (geralmente de 25 cm x 25 cm, equivalentes a 1/16 m²), em profundidades variando de 10 cm até 30 cm.

Tabela 2. Estudos publicados sobre as populações e diversidade da fauna edáfica coletada, usando diferentes métodos (armadilhas de queda, extração com formol, Funis de Berlese, catação manual, extração fria e quente) em floresta nativa (Floresta Ombrófila Mista) e plantios/reflorestamentos com araucária em diversas localidades da região Sul e Sudeste do Brasil.

Localidades (nº locais)	Alvo do estudo	Vegetação	Fonte
Área particular, Senador Amaral, MG (3)	Macrofauna epiedáfica (armadilhas de queda)	Floresta nativa	Silva (2016)
Parque Estadual de Campos do Jordão, SP (6)	Macrofauna edáfica, Coleptera (catação manual), Meso e macrofauna; Minhocas, aranhas, collembola (armadilhas de queda, Funis de Berlese, catação manual, extração com formol)	Floresta nativa com e sem fogo, Plantio de Araucária com e sem fogo	Merlim (2005), Merlim et al. (2006); Baretta et al. (2007a, 2007b, 2008, 2010)
Petar, Estação Ecológica de Itaberá e de Bananal, Estação Experimental de Itapeva, SP (6)	Macrofauna edáfica e epiedáfica, aranhas e mesofauna (catação manual, armadilhas de queda); Minhocas (catação manual)	Floresta nativa, Plantio de Araucária	Pereira (2012), Pereira et al. (2013, 2015, 2017, 2020, 2021)
Área particular, Campo Bonito, PR (1)	Macrofauna edáfica (catação manual), Macrofauna epiedáfica e mesofauna (Funis de Berlese, armadilhas de queda)	Floresta nativa	Tessaro (2013)
Área particular, Toledo, PR (1)	Minhocas (catação manual)	Plantio de Araucária	Bartz et al. (2013)
UTFPR, Campus Dois Vizinhos, PR (1)	Mesofauna (Funis de Berlese), Macrofauna (catação manual)	Floresta nativa	Franco (2016)
Embrapa Florestas, Colombo-PR (11)	Mesofauna (Funis de Berlese, extrator de Winkler), Minhocas (catação manual, extração com formol); Macrofauna edáfica e epiedáfica (catação manual, armadilhas de queda), Enchytraeidae (extração fria e quente)	Floresta nativa, Plantio de Araucária	Da Cruz et al. (2010), Silvano et al. (2010), Lima (2011), Oliveira et al. (2012), Niva et al. (2015), Santos et al. (2016), Silva et al. (2019)
Floresta Nacional de Irati, Irati, PR; Área particular, Rebouças, PR (2)	Macrofauna epiedáfica (armadilhas de queda)	Floresta nativa e em sistema faxinal	Barcik (2017)
Área particular, Campina Grande do Sul (1)	Macrofauna epiedáfica (armadilhas de queda)	Floresta nativa	Leivas; Fischer (2008)
Área particular, Quitandinha, PR (1)	Macrofauna edáfica e epiedáfica, (catação manual, armadilhas de queda), mesofauna (Funis de Berlese, armadilhas de queda), Enchytraeidae (extração quente)	Floresta nativa	Santos et al. (2014), Assis (2016), Demetrio et al. (2020)

Continua...



Tabela 2. Continuação...

Localidades (n° locais)	Alvo do estudo	Vegetação	Fonte
RPPN Mata do Uru, Lapa, PR (2)	Macrofauna edáfica e minhocas (catação manual)	Floresta nativa, reflorestamento	Santos et al. (2014), Assis (2016), Demetrio et al. (2020)
Fazenda Frank'ana, Castro, PR (1)	Minhocas (catação manual e extração com formol)	Floresta nativa	Tanck et al. (2000)
Área particular, Bituruna, PR (1)	Macrofauna edáfica (catação manual)	Floresta nativa	Bianchi et al. (2007)
Colônia Entre Rios, General Carneiro, PR (1)	Macrofauna edáfica (catação manual)	Floresta nativa	Mafra et al. (2002)
Parque Estadual de Guartelá, PR (1)	Coleoptera: Histeridae (armadilhas de queda)	Floresta nativa	Leivas et al. (2013)
Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, PR (3)	Macrofauna e formigas (catação manual), Coleoptera (armadilhas de queda)	Floresta nativa, Plantio de Araucária	Marinoni; Ganho (2003), Leivas et al. (2013), Ferreira (2015), Martins (2017), Martins et al. (2020)
Parques Municipais da Barreirinha, Barigui, Passaúna e Tingui, Jardim Botânico, campus UFPR, Curitiba, PR (7)	Macrofauna (catação manual)	Floresta nativa	Smokanit et al. (2016), Ferreira et al. (2018), Santos et al. (2019)
Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC (1)	Macrofauna edáfica e epiedáfica (catação manual), mesofauna (Funis de Berlese)	Floresta nativa	Oliveira Filho et al. (2018b)
UFSC, Curitibaanos, SC (1)	Coleoptera (catação manual, armadilhas de queda e Funis de Berlese)	Floresta nativa	Leão (2018)
Fazenda Gateados, Campo Belo do Sul, SC (2)	Macrofauna edáfica e epiedáfica, mesofauna e Collembola (Funis de Berlese, armadilhas de queda e catação manual)	Floresta nativa, Plantio de Araucária	Córdova et al. (2009), Carneiro et al. (2017), Ortiz et al. (2017)
Floresta Nacional de Três Barras, SC (4)	Minhocas (catação manual), Macrofauna epiedáfica e mesofauna (Funis de Berlese, armadilhas de queda)	Floresta nativa, Plantio de Araucária	Clasen (2011), Clasen; Brown (2011), Pech et al. (2015), Ortiz (2016)
Áreas particulares, Urubici, Urupema e Painel, SC (3)	Macrofauna edáfica e epiedáfica (catação manual, armadilhas de queda), mesofauna (armadilhas de queda)	Floresta nativa	Wiggers (2017)
Epagri, Lages, SC (1)	Macrofauna edáfica (catação manual)	Floresta nativa	Pompeo et al. (2016b)

Continua...

Tabela 2. Continuação...

Localidades (nº locais)	Alvo do estudo	Vegetação	Fonte
Áreas particulares, Otacílio Costa, Campo Belo do Sul e Lages/Santa Teresinha do Salto, Chapecó, Xanxerê e São Miguel d'Oeste, SC (6)	Macrofauna edáfica e epiedáfica, aranhas, Coleoptera (catação manual, armadilhas de queda), mesofauna e Collembola (armadilhas de queda)	Floresta nativa	Rosa (2013), Bartz et al. (2014), Rosa et al. (2015, 2019), Pompeo et al. (2016a, 2017, 2020), Martins (2017), Machado et al. (2019), Martins et al. (2020)
Área particular, Anchieta, SC (1)	Macrofauna epiedáfica e mesofauna (armadilhas de queda)	Floresta nativa	Brancher; Roza-Gómes (2012)
Área particular, Campos Borges, RS (1)	Macrofauna epiedáfica (armadilhas de queda)	Floresta nativa	Copatti; Gasparetto (2012)
Área particular, Muitos Capões, RS (7)	Mesofauna (Funis de Berlese)	Floresta nativa	Duarte (2004)
Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS (2)	Macrofauna edáfica (catação manual)	Floresta nativa	Azevedo et al. (2000); Lima et al. (2002)
Área particular, Teutônia, RS (1)	Minhocas (catação manual)	Floresta nativa	Krabbe et al. (1993)
Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS (6)	Macrofauna epiedáfica (armadilhas de queda)	Floresta nativa, Plantio de Araucária	Lange et al. (2011)



No total, 13 trabalhos avaliaram as populações da macrofauna em 31 locais (Tabela 3), sendo 23 fragmentos de Floresta com Araucária e oito plantios comerciais. Infelizmente, apenas dois trabalhos (Mafra et al., 2002; Clasen, 2011) avaliaram a biomassa dos invertebrados coletados em um plantio de araucária ($1,5 \text{ g m}^{-2}$ biomassa fresca total) e em dois fragmentos florestais naturais ($6,9 \text{ g m}^{-2}$ e $8,4 \text{ g m}^{-2}$ peso fresco total, predominantemente de besouros, minhocas e cupins), portanto os resultados apresentados, a seguir, enfocam maiormente a abundância.

A densidade total da macroinvertebrados variou entre 119 ind. m^{-2} (Urubici, SC; Wiggers, 2017) e $2.231 \text{ ind. m}^{-2}$ (média de três locais em SP; Pereira, 2012) em floresta nativa e entre 364 ind. m^{-2} (Três Barras, SC; Clasen, 2011) e $1.641 \text{ ind. m}^{-2}$ (média de três locais em SP; Pereira, 2012) nos plantios de araucária, respectivamente (Tabela 3). Contudo, a densidade média total da fauna na floresta nativa e nos plantios de araucária não foi significativamente diferente (998 ind. m^{-2} e $1.194 \text{ ind. m}^{-2}$, respectivamente). Já a riqueza média geral dos grupos encontrados foi significativamente menor (13 grupos) nas matas nativas que nos plantios (20 grupos), mas pode ter sido influenciado pelo menor número de plantios florestais avaliados. Os grupos predominantes, em termos de abundância (número de indivíduos), em ambos os tipos de vegetação encontrados foram as formigas (25-27% do total, em média), os cupins (26-31% do total, em média) e os besouros (15-18% do total, em média), organismos que podem ser considerados engenheiros do ecossistema (Brown et al., 2001). Apesar do menor número de locais com plantios de araucária, as médias gerais para os táxons foram maiores para as minhocas (veja seção seguinte) e o grupo de outros, e menores para os tatuzinhos e caracóis nos plantios que nas florestas nativas.

Com esses dados, evidenciou-se que as Florestas com Araucária podem ter altas populações de macroinvertebrados edáficos, que podem contribuir para funções importantes no solo, como a estruturação (agregação, porosidade), ciclagem de nutrientes, e efeitos no crescimento das plantas e provisão de serviços ecossistêmicos (Lavelle et al., 1997, 2006; Scheu, 2003). Contudo, a falta de dados sobre a biomassa dessa fauna, além de estudos funcionais sobre seus efeitos nos atributos edáficos, impede uma avaliação mais precisa do papel dessa fauna sobre o funcionamento dos solos em Florestas com Araucária.

Populações e diversidade de minhocas em Florestas com Araucária

As populações de minhocas foram avaliadas em 44 localidades, sendo 30 com floresta nativa e 14 reflorestamentos/plantios de araucária. A maioria dos locais avaliados estava no Paraná (19), enquanto um número igual foi avaliado em Santa Catarina e São Paulo (12) e apenas um foi alvo de estudo no Rio Grande do Sul (Tabelas 3 e 4). Na maior parte dos trabalhos, somente dados quantitativos foram providenciados; apenas oito locais com mata nativa e dez com reflorestamento/plantio de araucária avaliaram tanto a abundância quanto a riqueza de espécies encontradas (Tabela 4). Em outros, apenas as espécies foram avaliadas (Tabela 5), sem realizar a quantificação (ind. m^{-2}). A seguir, são apresentados os resultados dessas avaliações da biodiversidade e, posteriormente, os resultados da avaliação quantitativa (abundância e biomassa).

Tabela 3. Comunidades da macrofauna edáfica e epiedáfica em florestas nativas (MN) com araucária e plantios florestais (PF), coletada mediante o método padrão do Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) Programme (Anderson; Ingram, 1993) de catação manual de monólitos de solo+liteira.

Estudos	Locais	Floresta	Táxons da macrofauna ⁽¹⁾															Total	Riqu
			Olig	Arac	Isop	Diplu	Blat	Cole	Derm	Dipt	Hemi	Form	Term	Chil	Diplo	Gast	Outr		
Pereira (2012)	Barra do Chapéu, Itaberá, Bananal, SP	MN ⁽²⁾	37	39	16		18	192	1	54	11	720	838	97	57		110	2.231	20
	Iporanga, Itapeva, Bananal, SP	PF ⁽²⁾	137	24	9		9	131	1	46	9	373	548	35	54		52	1641	21
Baretta (2007)	Campos do Jordão, SP	MN ⁽³⁾	8	60		4	1	300	0		1	223	145	215	53	3	306	1.319	20
		PF ⁽³⁾	1	16		1	3	137	1		0	87	120	121	7	0	133	628	17
		PF ⁽³⁾	7	33		4	8	243	3		0	98	253	59	4	0	195	907	18
Merlim (2005)	Campos do Jordão, SP	PF ⁽⁴⁾	13	9	0	45	4	267	3	24	14	681	283	78	55		20	1.478	22
		PF ⁽⁴⁾	11	1	0	3	1	90	0	10	1	399	578	11	2		147	1.250	21
		MN ⁽⁴⁾	8	6	0	23	0	129	2	32	1	45	281	30	5		96	652	24
Bianchi et al. (2007)	Bituruna, PR	MN ⁽⁵⁾	17	54				95				637	835	25			133	1.795	6
Oliveira et al. (2012)	Colombo, PR	MN	101			436		202		218		487					67	1.678	18
Santos et al. (2019)	UFPR, Curitiba, PR	MN	53					21				5	11		32		43	165	7
		MN	11	16	139		11	64	11			128		5	5	11	81	482	12
Mafra et al. (2002)	Entre Rios, PR	MN	6	19				55			2		890	10	4	4	16	1.194	9
Ferreira (2015)	Ponta Grossa, PR	MN	7	10	10		10	123	3	17		413	63	20	33	43	13	778	14
Demetrio et al. (2020)	Quitandinha, PR	MN	20	59	12		14	219	0	75	9	1296	162	66	59	11	59	2.049	16
Rosa (2013)	Chapecó, Xanxerê, São Miguel d'Oeste, SC	MN ⁽⁶⁾	4	22	2		9	79	1	0	8	385	413	24	9	5	30	991	10
	Campo Belo do Sul, Otacílio Costa, Santa Teresinha do Salto, SC	MN ⁽⁶⁾	9	29	1		13	129	2	18	6	340	310	8	23	7	17	911	14
Pompeo et al. (2016)	Lages, SC	MN	0	11	2	0	7	66		0	11		12	5	7	0	21	263	11
Clasen (2011)	Três Barras, SC	MN	14	39	14	0	27	181		32	4	91	571	12	20	14	16	1.029	19
		PF	0	28	0	11	23	92		57	16	80	32	2	9	7	23	364	16

Continua...



Tabela 3. Continua...

Estudos	Locais	Floresta	Táxons da macrofauna ⁽¹⁾															Total	Riqu
			Olig	Arac	Isop	Diplu	Blat	Cole	Derm	Dipt	Hemi	Form	Term	Chil	Diplo	Gast	Outr		
Wiggers (2017)	Urubici, SC	MN ⁽⁷⁾	11	25						17				11	6		10	119	6
	Urupema, SC	MN ⁽⁷⁾	58	38						4				34	25		14	202	6
	Painel, SC	MN ⁽⁷⁾	62	10						7				14	18		11	135	6
	Média ⁽⁸⁾	MN	23	29	42	7	12	133	2	33	7	426	425	40	25	9	59	998	13
	Média ⁽⁸⁾	PF	55	20	5	13	8	153	1	38	7	308	364	47	30	2	84	1.194	20
	Média geral ⁽⁸⁾		31	27	32	10	11	138	2	34	7	389	406	42	27	8	66	1.049	15

⁽¹⁾Olig = Oligochaeta (minhocas); Arac = Aracnídeos (aranhas, opiliões, pseudo-escorpiões); Isop = Isopoda; Diplu = Diplura; Blat = Blattaria; Cole = Coleoptera (larvas, adultos); Derm = Dermaptera; Dipt = Diptera (larvas); Hemi = Hemiptera; Form = Formicidae; Term = Termitoidea; Chil = Chilopoda; Diplo = Diplopoda; Gast = Gastropoda; Riqu = Riqueza total (nº táxons). ⁽²⁾Média dos três locais, coletados em duas épocas (inverno-ago. 2009 e verão-jan. 2010). ⁽³⁾Média de três datas de coleta (set. 2004; fev. e abr. 2005). ⁽⁴⁾Média de duas datas de coleta (oct. 2002, mar. 2003). ⁽⁵⁾Média de quatro datas de coleta (abr. 2004, fev. e nov. 2005 e mai. 2006). ⁽⁶⁾Média dos três locais, em duas datas de coleta (jun./jul. 2011 e dez. 2011/jan.2012). ⁽⁷⁾Média de três datas de coleta (ago., nov. 2015 e mar. 2016). ⁽⁸⁾O cálculo das médias contemplou apenas os locais que reportaram os táxons.

Tabela 4. Abundância, biomassa e riqueza de minhocas encontradas em áreas com Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária) e em plantios de araucária em diferentes locais do Brasil. Dados complementares aos da Tabela 3.

Município	Floresta nativa			Plantio de araucária			Referência
	Densidade (ind. m ⁻²) ⁽¹⁾	Biomassa (g m ⁻²) ⁽¹⁾	Riqueza	Densidade (ind. m ⁻²) ⁽¹⁾	Biomassa (g m ⁻²) ⁽¹⁾	Riqueza	
Teutônia, RS	27-96	ND	2				Krabbe et al. (1993, 1994)
Quitandinha, PR	19	ND	4				Demetrio et al. (2020)
Castro, PR	30-95	16,5-57,2	ND				Tanck (1996), Tanck et al. (2000)
Toledo, PR				285	ND	6	Bartz et al. (2013)
Colombo, PR ⁽²⁾	3-76	0,9-25,1	7 ³	14-156	3,1-66,1	7 ⁽³⁾	Silvano et al. (2010), Lima (2011), Silva et al. (2019)
Campos do Jordão, SP ⁽⁴⁾	5-12	máx. 12,1	3 ³	0-22	0-3,2	3 ⁽³⁾	Merlim (2005), Baretta et al. (2007b)

⁽¹⁾Intervalo de valores de abundância ou biomassa encontrada em diferentes plantios ou fragmentos florestais amostrados no mesmo município, ou em coletas realizadas em diferentes meses do ano no mesmo local. ⁽²⁾Cinco plantios de araucária e cinco fragmentos florestais na Embrapa Florestas. ⁽³⁾Riqueza total (soma) das espécies encontradas nas florestas nativas e plantios florestais. ⁽⁴⁾Dois florestas nativas e quatro reflorestamentos no Parque Estadual de Campos do Jordão.

Tabela 5. Espécies de minhocas nativas (N) e exóticas (E) encontradas em florestas nativas (MN) e plantios de araucária (PF) em diferentes locais do Brasil.

Local, município e estado	Floresta	Espécies nativas	Espécies exóticas/cosmopolitas	S ⁽¹⁾	N/E	Referência
Parque Estadual de Campos do Jordão, Campos do Jordão, SP	MN	<i>Glossoscolex</i> sp., <i>Urobenus brasiliensis</i>	<i>Amyntas corticis</i>	3	2/1	Baretta et al. (2007b)
	PF	<i>Glossoscolex</i> sp., <i>U. brasiliensis</i>	<i>A. corticis</i>	3	2/1	Baretta et al. (2007b)
	PF	<i>Glossoscolex bondari</i> , <i>Glossoscolex</i> sp.	<i>A. corticis</i>	3	2/1	Baretta et al. (2007b)
Área particular em Barra do Chapéu, Estações Ecológicas de Itaberá e Bananal, SP	MN	<i>Glossoscolex</i> (2 spp.), <i>Fimoscolex</i> sp., <i>Andiorrhinus duseni</i> , <i>U. brasiliensis</i>	<i>Dichogaster gracilis</i>	6	5/1	Pereira (2012)
Petar-Iporanga, Estação Experimental de Itapeva, Estação Ecológica de Bananal, SP	PF	<i>A. duseni</i> , <i>Glossoscolex</i> sp.2, <i>Fimoscolex</i> sp., <i>U. brasiliensis</i>	<i>Pontoscolex corethrurus</i> , <i>A. corticis</i> , <i>Amyntas gracilis</i> , <i>D. gracilis</i>	8	4/4	Pereira (2012)
RPPN Mata do Uru, Lapa, PR	MN	<i>Glossoscolex</i> (2 spp.), <i>Fimoscolex</i> (2 spp.)	<i>A. corticis</i> , <i>A. gracilis</i>	6	4/2	Demetrio et al. (2018)
	PF	<i>Glossoscolecidae</i> sp.		1	1/0	Demetrio et al. (2018)
Parque Barigui, Curitiba, PR	MN		<i>Eukerria eiseniana</i> , <i>P. corethrurus</i> , <i>A. gracilis</i> , <i>A. corticis</i> , <i>Metaphire californica</i>	5	0/5	Ferreira et al. (2018)
Parque Tingui, Curitiba, PR	MN		<i>P. corethrurus</i> , <i>A. gracilis</i>	2	0/2	Ferreira et al. (2018)
Parque Barreirinha, Curitiba, PR	MN		<i>A. gracilis</i>	1	0/1	Ferreira et al. (2018)
Jardim Botânico, Curitiba, PR	MN	<i>Glossoscolex</i> sp.	<i>A. gracilis</i> , <i>M. californica</i>	2	1/2	Ferreira et al. (2018)
Parque Passaúna, Curitiba, PR	MN	<i>Fimoscolex</i> sp.	<i>Megascolecidae</i> sp.	2	1/1	Ferreira et al. (2018)
Área particular, Quitandinha, PR	MN	<i>Glossoscolex</i> (2 spp.), <i>Ocnerodrilidae</i> , espécie não identificada		4	4/0	Demetrio et al. (2020)
Área particular, Toledo, PR	PF	<i>Fimoscolex</i> sp., <i>U. brasiliensis</i> , <i>Ocnerodrilidae</i> sp.	<i>A. gracilis</i> , <i>Dichogaster bolau</i> , <i>D. gracilis</i>	6	3/3	Bartz et al. (2013)
Embrapa Florestas, Colombo, PR	MN	<i>U. brasiliensis</i> , <i>Fimoscolex nivae</i> , <i>Glossoscolex embrapaensis</i>	<i>P. corethrurus</i> , <i>A. gracilis</i> , <i>Metaphire schmaridae</i> , <i>A. corticis</i>	7	3/4	Silva et al. (2019)
	PF	<i>U. brasiliensis</i> , <i>F. nivae</i> , <i>G. embrapaensis</i> , <i>A. duseni</i>	<i>P. corethrurus</i> , <i>A. gracilis</i> , <i>M. schmaridae</i>	7	4/3	Silva et al. (2019)
Floresta Nacional de Três Barras, Três Barras, SC	MN	<i>U. brasiliensis</i> , <i>Glossoscolecidae</i> sp.		2	2/0	Ortiz (2016)
	PF	<i>Glossoscolex</i> sp.		1	1/0	Ortiz (2016)
Áreas particulares em Campo Belo do Sul, Otacílio Costa e Santa Teresinha do Salto, SC	MN	<i>Glossoscolex</i> (4 spp.), <i>Ocnerodrilidae</i> (2 spp.), <i>U. brasiliensis</i> , <i>A. duseni</i>	<i>A. gracilis</i>	9	8/1	Bartz et al. (2014)
Áreas particulares em Chapecó, Xanxerê e São Miguel d'Oeste	MN	<i>Fimoscolex</i> sp., <i>U. brasiliensis</i> , <i>Ocnerodrilidae</i> sp.		3	3/0	Bartz et al. (2014)
Fazenda particular, Teutônia, RS	MN		<i>A. corticis</i> , <i>Amyntas morrisi</i>	2	0/2	Krabbe et al. (1993)

⁽¹⁾Riqueza total de espécies.

Considerando todas as florestas nativas e plantios de araucária estudados no país, já foram encontradas 30 espécies de minhocas nativas das famílias Glossoscolecidae, Rhinodrilidae e Ocnodrilidae, e nove espécies cosmopolitas das famílias Acanthodrilidae, Megascolecidae, Ocnodrilidae e Rhinodrilidae, sendo 26 nativas e sete cosmopolitas nas florestas nativas, e 12 nativas e seis cosmopolitas nos plantios (Tabela 5). Em média, foram 1,8 espécies por local na mata nativa e 2,1 espécies por local nos plantios de araucária, das quais pelo menos uma era nativa, em ambos os sistemas florestais. Aproximadamente, metade das espécies nativas encontradas provavelmente representam espécie novas, que ainda precisam ser formalmente descritas.

Na floresta nativa em Teutônia, RS, encontraram-se duas espécies apenas (Krabbe et al., 1993): *Amyntas corticis* (Figura 2B) e *Amyntas morrissi*, ambas exóticas e originárias da Ásia. Na floresta nativa próxima a Quitandinha, PR, Demetrio et al. (2020) encontraram quatro espécies, todas elas provavelmente nativas: duas *Glossoscolex* sp., uma Ocnodrilidae sp. e outra não identificada em nível de espécie. As minhocas da família Ocnodrilidae são frequentemente encontradas em áreas hidromórficas (brejos, nascentes, margens de cursos d'água; Figura 2H), mas também têm sido encontradas em solos de 'terra-firme', especialmente no Paraná e em Santa Catarina (Bartz et al., 2013, 2014).

Em dez áreas da Embrapa Florestas, em Colombo, PR (cinco fragmentos de mata nativa e cinco plantios de araucária), encontraram-se oito espécies no total, sendo sete na floresta nativa e sete nos plantios de araucária (Silva et al., 2019). Seis espécies eram comuns aos dois sistemas florestais: as espécies nativas *Urobenus brasiliensis* (Figura 2E), *Fimoscolex nivae* (Figura 2G) e *Glossoscolex embrapaensis* (Figura 2F), e as espécies cosmopolitas ou exóticas *Pontoscolex corethrurus* (Figura 2A), *Amyntas gracilis* (Figura 2C) e *Metaphire schmardae*. O minhocuçõ nativo *Andiorrhinus dusei* (Figura 2D) foi encontrado somente nos plantios de araucária e a exótica *A. corticis* somente na floresta nativa.

No reflorestamento de araucária em Toledo, PR, Bartz et al. (2013) encontraram seis espécies, sendo duas nativas - *Fimoscolex* sp. e *U. brasiliensis*, três exóticas - *A. gracilis*, *Dichogaster bolau* e *Dichogaster gracilis*, e uma espécie da família Ocnodrilidae não identificada em nível de espécie. As espécies de *Dichogaster* também são exóticas, provenientes da África, e muito comuns nas áreas de plantio direto do oeste do Paraná (Bartz et al., 2013). No Parque Estadual de Campos do Jordão, SP, Baretta et al. (2007b) encontraram cinco espécies, das quais três eram comuns às três áreas avaliadas: duas espécies nativas, *U. brasiliensis*, *Glossoscolex* sp.1 e a exótica *A. corticis*. Já *Glossoscolex* sp.2 foi encontrada apenas na mata nativa, enquanto *Glossoscolex bondari* foi encontrada apenas no reflorestamento submetido à queima acidental, e *Glossoscolex* sp.1 foi encontrada somente nos dois reflorestamentos de araucária.

Além desses estudos, outros cinco trabalhos avaliaram a riqueza de espécies em Florestas com Araucária, mas sem apresentar dados quantitativos (ind. m⁻²) das espécies ou total da população encontrada (Tabela 5):

1. No estado de Santa Catarina, Bartz et al. (2014) estudaram seis fragmentos inseridos em paisagens agrícolas em três municípios da região oeste (Chapecó, São Miguel d'Oeste, Xanxerê) e três da região do Planalto (Campo Belo do Sul, Otacílio Costa e Santa Teresinha do Salto), e encontraram no total dez espécies, sendo oito no Planalto e apenas três no oeste. Do total, apenas uma era exótica (*A. gracilis*), e as demais incluíam quatro espécies novas de *Glossoscolex*, uma *Fimoscolex* e duas Ocnodrilidae não identificadas, mas, provavelmente nativas. Apenas duas espécies (*U. brasiliensis* e uma Ocnodrilidae) foram encontradas em ambas as regiões, evidenciando uma diversidade beta razoavelmente importante.

Fotos: Marie Bartz (A, D, E), Yong Hong (B, H), George Brown (C, F, G)



Figura 2. Algumas espécies nativas e exóticas/cosmopolitas de minhocas encontradas em florestas nativas e plantios de araucária na região Sul e Sudeste do Brasil. A) *P. corethrurus*, espécie cosmopolita comum nos plantios de araucária da Embrapa Florestas e da Estação Experimental de Itapeva, e em Floresta Ombrófila Mista em alguns parque de Curitiba; B) exemplar de *A. corticis* encontrado em floresta nativa no Parque Nacional de Aparados da Serra; essa espécie exótica é comum nas Florestas com Araucária e plantios florestais em diversos locais no Sul e Sudeste do Brasil (Brown et al., 2006), incluindo a Embrapa Florestas e o Parque Estadual de Campos do Jordão; C) *A. gracilis*, espécie exótica amplamente distribuída no Brasil (Brown et al., 2006), e comum nos plantios de araucária na Embrapa Florestas e da Estação Experimental de Itapeva, e em vários fragmentos de floresta nativa nos parque de Curitiba; D) *A. dusei*, minhocucu nativo com ampla distribuição na região da Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina, Paraná e São Paulo (Feijoo et al., 2017); E) *U. brasiliensis*, espécie nativa com ampla distribuição no Brasil e na região da Floresta Ombrófila Mista (Brown; James, 2007), desde Rio Grande do Sul até o Rio de Janeiro; F) *Glossoscolex embrapaensis*, espécie nativa recentemente descrita (Feijoo; Brown, 2018) encontrada em floresta nativa e vários plantios florestais na Embrapa Florestas; G) *Fimoscolex nivae*, minhoca nativa pequena e fina recentemente descrita (Feijoo; Brown, 2018) encontrada em floresta nativa e plantios florestais na Embrapa Florestas; H) uma espécie nova de Kerriona da família Ocnodrilidae encontrada no Parque Nacional de Aparados da Serra, RS; espécies dessa família de minhocas geralmente estão associadas a solos com maiores teores de matéria orgânica e/ou com hidromorfismo (Brown; James, 2007).

2. Na Reserva Particular do Patrimônio Natural Uru, na Lapa, PR, Demetrio et al. (2018) avaliaram um reflorestamento e duas áreas com floresta nativa, e encontraram seis espécies, sendo quatro nativas e duas exóticas (*A. gracilis*, *A. corticis*). Entre as espécies nativas, todas eram novas, e pertenciam aos gêneros *Fimoscolex* e *Glossoscolex*.
3. Em fragmentos de floresta nativa de cinco parques municipais de Curitiba, PR, Ferreira et al. (2018) encontraram sete espécies, sendo cinco exóticas - *P. corethrurus*, *A. corticis*, *A. gracilis*, *Metaphire californica*, *Eukerria eiseniana*, e duas nativas, das quais uma do gênero *Glossoscolex* e outra do gênero *Fimoscolex*. A riqueza de espécies nas matas dos parques variou de uma (Barreirinha) a cinco (Barigui), e a espécie mais frequente foi *A. gracilis*, indicando que as florestas desses parques estão altamente antropizadas, já que essa espécie é indicadora de perturbação antrópica (Fernandes et al., 2010).
4. Em três áreas de floresta nativa e três plantios de araucária no estado de São Paulo, Pereira (2012) encontrou um total de nove espécies sendo cinco nativas (duas *Glossoscolex* spp., uma *Fimoscolex* sp., *A. duseni* e *U. brasiliensis*) e quatro exóticas (*P. corethrurus*, *A. corticis*, *A. gracilis*, *D. gracilis*). As exóticas estiveram mais associadas às áreas reflorestadas com araucárias, e as nativas mais à floresta nativa.
5. Em um fragmento de floresta nativa e um plantio de araucária na Floresta Nacional de Três Barras, SC, Ortiz (2016) encontrou duas espécies, ambas nativas (*U. brasiliensis* e *Glossoscolex* sp.), além de juvenis da família Glossoscolecidae. Na floresta nativa, havia duas espécies, enquanto no plantio de araucária encontrou-se apenas *Glossoscolex* sp.

Nos plantios de araucária as densidades de minhocas variaram entre 0 ind. m⁻² e 285 ind. m⁻² (média de 84 ind. m⁻²), enquanto nas florestas nativas foram encontradas abundâncias entre 0 ind. m⁻² e 136 ind. m⁻², com uma média (todos os locais) de 27 ind. m⁻² (Tabelas 3 e 4). Nas florestas nativas, isso representa menos de dois indivíduos por amostra do tamanho padrão do TSBF (Anderson; Ingram, 1993) e ISO (2018), mais frequentemente usados para coletar minhocas (e a macrofauna, em geral) no Brasil (Nadolny et al., 2020a). Em comparação com áreas de plantio direto no Paraná (Bartz et al., 2013), a abundância tanto na floresta nativa quanto nos plantios de araucária seria considerada moderada (≥ 25 ind. m⁻² a < 100 ind. m⁻²), mas menor que a média para todas as florestas nativas com Mata Atlântica no Brasil (94 ind. m⁻²; dado de Nadolny et al., 2020b). As razões para essa baixa densidade ainda são desconhecidas, e ocorrem apesar da alta quantidade de nutrientes (especialmente Ca e N) na liteira depositada em Florestas com Araucária, a qual é feita mais pela via das folhas e acículas (>60%) do que de material lenhoso (Britez et al., 1992; Schumacher et al., 2004; Hummel et al., 2008). Contudo, os altos teores de lignina e polifenóis da liteira em Florestas com Araucária (Carvalho, 2011; Inkotte, 2013) resultam em baixas taxas de decomposição da liteira, e baixa qualidade nutritiva (material pouco digerível) para as minhocas (Zheng et al., 2018), que tendem a preferir materiais como polissacarídeos, que são aproveitados melhor como fonte de alimento (Zeibich et al., 2019). Não obstante, Sousa (2003) observou um alto número de animais da macrofauna, especialmente anfípodas, tatuzinhos e minhocas em amostras de liteira em decomposição numa floresta Ombrófila Mista Aluvial, evidenciando que esses organismos podem estar tendo um importante efeito (ainda não avaliado) na decomposição da liteira. Maiores esforços de pesquisa ainda são necessários para elucidar a importância da qualidade da liteira no controle das populações da fauna edáfica em Florestas com Araucária, e o papel da mesma na decomposição da serapilheira e a ciclagem dos nutrientes nessas florestas.

Nos três municípios onde as Florestas com Araucária e os plantios florestais foram avaliados simultaneamente (Tabela 4), observou-se: 1) menor população de minhocas nos plantios de araucária em Três Barras (0 ind. m⁻²) que na floresta nativa (14 ind. m⁻²) da Floresta Nacional de Três Barras (Clasen, 2011); 2) menor abundância de minhocas em reflorestamento de araucária do que na floresta nativa, mas maior abundância no reflorestamento submetido à queima accidental, que na floresta nativa do Parque Estadual de Campos do Jordão (Baretta et al., 2007b); 3) maior abundância de *P. corethrurus* e *A. gracilis* e menor abundância de *A. corticis* nos plantios de araucária que nos fragmentos de floresta nativa da Embrapa Florestas, em Colombo (Lima, 2011; Silva et al., 2019). A maior abundância de *P. corethrurus* esteve associada aos solos com maior pH, maior capacidade de troca de cátions (CTC), maiores teores de areia, e menores teores de argila e acidez potencial (H+Al), enquanto a presença de *A. corticis* esteve associada a solos com menor densidade aparente, maior acidez potencial, maiores teores de argila, matéria orgânica e umidade (Lima, 2011; Silva et al., 2019). Portanto, os reflorestamentos e plantios de araucária representam habitats diferentes daqueles da floresta nativa, e podem ter maiores ou menores populações desses animais. Contudo, as implicações e importância dessas diferenças ainda precisam ser melhor estudadas.

A biomassa das minhocas, uma medida indireta do impacto das mesmas sobre o solo, sua estrutura e seu funcionamento, foi avaliada em apenas 14 locais (Tabela 4). Biomassas acima de 17 g m⁻² são consideradas altas, e com potencial de influenciar significativamente o crescimento vegetal (Brown et al., 1999). Altos valores de biomassa foram encontradas em apenas um local com floresta nativa, em Castro, PR (Tanck et al., 2000), e em dois reflorestamentos com araucária em Colombo (Lima, 2011). Na floresta em Castro, predominaram espécies de *Amyntas* sp., enquanto nos plantios em Colombo predominou *P. corethrurus*. Essas minhocas são conhecidas como promotoras do crescimento vegetal (Brown et al., 1999). *Amyntas* são originárias da Ásia, enquanto *P. corethrurus* é peregrina ao Sul do Brasil, sendo originária da região do Platô das Guianas. Essas espécies cosmopolitas provavelmente invadiram a floresta nativa, a partir de áreas agrícolas adjacentes em Castro, onde *Amyntas* era muito abundante (Tanck et al., 2000). Em Colombo, *P. corethrurus* provavelmente foi introduzida com mudas de plantas e, sendo partenogenética, se reproduziu e colonizou os solos das áreas, que haviam sido adubados e corrigidos (calagem para redução da acidez) no passado, quando eram áreas de produção agrícola na Embrapa Florestas, antes de 1978 (Silva et al., 2019).

Pouco se sabe do impacto das minhocas sobre o crescimento da araucária e sobre a produção de espécies arbóreas em geral (Scheu, 2003), principalmente devido ao longo tempo necessário para realizar ensaios em casa de vegetação, com minhocas e espécies arbóreas de crescimento lento. Contudo, um estudo com mudas de araucária e as minhocas *A. corticis* (Azevedo, 2010) mostrou efeitos negativos na biomassa aérea e de raízes devido à inoculação com minhocas, após 210 dias. Porém, o ensaio teve alta mortalidade das minhocas, e os potes provavelmente eram pequenos demais para manter os indivíduos vivos e ativos por longo prazo, problemas frequentemente observados nos ensaios em casa de vegetação, com minhocas e plantas (Brown et al., 1999, 2004). Considerando a alta biomassa encontrada em alguns locais com araucária, esses representam oportunidades interessantes para pesquisas aplicadas em relação aos impactos da invasão desses solos por espécies cosmopolitas, sobre o funcionamento do solo e a provisão de serviços ecossistêmicos edáficos.

Conclusões

A fauna edáfica e epiedáfica é um componente importante dos solos das Florestas com Araucária, representando um zoológico subterrâneo, em geral, pouco conhecido e pouco explorado em estudos taxonômicos, e que merece maior atenção, particularmente para os grupos menos explorados (como a microfauna), e aqueles com potencial de encontrar novas espécies (minhocas, Collembola, enquitreídeos). Apesar de já terem sido estudadas as populações de meso e macrofauna edáfica/epiedáfica em um número razoável de locais no Brasil, ainda não existe um conhecimento básico dos efeitos funcionais da fauna edáfica e epiedáfica sobre o solo, particularmente aqueles considerados importantes para a provisão de serviços ecossistêmicos, como a estruturação do solo, o controle biológico, a pedogênese, a ciclagem de nutrientes, o sequestro de carbono, a emissão de gases de efeito estufa e a produtividade vegetal. Maiores esforços são necessários, tanto em nível de casa de vegetação quanto in situ no campo, visando esclarecer o papel dessa fauna nas Florestas com Araucária.

Agradecimentos

Esse trabalho recebeu apoio da Embrapa Florestas, da Universidade Federal do Paraná, da Université de Montpellier, e do CNPq (Processos 310690/2017-0 e 404191/2019-3). Os autores agradecem à Marie Bartz e Yong Hong pela cessão de fotografias de minhocas.

Referências

ANDERSON, J.; INGRAM, J. **Tropical soil biology and fertility**: a handbook of methods. 2nd ed. Wallingford: CAB International, 1993. v. 1.

ASSIS, O. **Enquitreídeos (Enchytraeidae, Oligochaeta) como indicadores do manejo do solo e em ensaios ecotoxicológicos**. 2016. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.

AZEVEDO, P. T. M. **Minhocas, fungos micorrízicos arbusculares e bactérias diazotróficas em mudas de *Araucaria angustifolia***. 2010. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

AZEVEDO, V. F.; LIMA, D. A.; CORREIA, M. E. F.; AQUINO, A. M.; SANTOS, H. P. Fauna de solo em diferentes sistemas de plantio e manejo no planalto médio do Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria, RS. **Biodinâmica do solo**: guia do congressista. [Viçosa, MG]: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; [São Paulo]: Sociedade Brasileira de Microbiologia; Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Solos, 2000. Fertbio 2000

BARCIK, L. Z. **Entomofauna associada a quatro composições florestais na região de Irati-PR**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati.

BARETTA, D.; BRESCOVIT, A. D.; KNYSACK, I.; CARDOSO, E. J. B. N. Trap and soil monolith sampled edaphic spiders (Aracnida:Araneae) in *Araucaria angustifolia* forest. **Scientia Agricola**, v. 64, p. 375-383, 2007a. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162007000400008>.

BARETTA, D.; BROWN, G. G.; CARDOSO, E. J. B. N. Potencial da macrofauna e outras variáveis edáficas como indicadores da qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 26, p. 135-150, 2010.

BARETTA, D.; BROWN, G. G.; JAMES, S. W.; CARDOSO, E. J. B. N. Earthworm populations sampled using collection methods in Atlantic Forest with *Araucaria angustifolia*. **Scientia Agricola**, v. 64, p. 384-392, 2007b. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162007000400009>.

BARETTA, D. **Fauna edáfica como bioindicadora da qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia* no Estado de São Paulo**. 2007. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

BARETTA, D.; FERREIRA, C. S.; SOUSA, J. P.; CARDOSO, E. J. B. N. Colêmbolos (Hexapoda: Collembola) como indicadores de qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2693-2699, 2008.

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

BARTZ, M. L. C.; PASINI, A.; BROWN, G. G. Earthworms as soil quality indicators in Brazilian no-tillage systems. **Applied Soil Ecology**, v. 69, p. 39-48, 2013.

BIANCHI, M. O.; AQUINO, A. M.; ALMEIDA, E. Distribuição vertical da macrofauna do solo em várias safras do milho agroecológico em área do produtor familiar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. **Conquistas e desafios da ciência do solo brasileira**. [Porto Alegre]: UFRGS Solos: SBSC, Núcleo Regional Sul, 2007.

BRANCHER, D.; ROZA-GOMES, M. F. Survey of edaphic fauna in forest fragment in the municipality of Anchieta (SC, Brazil). **Biota Neotropica**, v. 12, n. 3, 2012.

BRITZ, R. M.; REISSMAN, C. B.; SILVA, S. M.; SANTOS FILHO, A. Deposição estacional de serapilheira e macronutrientes em uma floresta de araucária, São Mateus do Sul, PR. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSENCIAS NATIVAS, 2., São Paulo, 1992. **Anais [...]**. São Paulo: Instituto Florestal, 1992. p. 766-772. (Revista do Instituto Florestal, 4).

BROWN, G. G.; EDWARDS, C. A.; BRUSSAARD, L. How earthworms affect plant growth: Burrowing into the mechanisms. In: EDWARDS, C. A. (ed.). **Earthworm ecology**. Boca Raton: CRC Press, 2004. p. 13-49.

BROWN, G. G.; JAMES, S. W. Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. p. 297-381.

BROWN, G. G.; JAMES, S. W.; PASINI, A.; NUNES, D. H.; BENITO, N. P.; MARTINS, P. T.; SAUTTER, K. D. Exotic, peregrine and invasive earthworms in Brazil: diversity, distribution and effects on soils and plants. **Caribbean Journal of Science**, v. 42, p. 339-358, 2006.

BROWN, G. G.; PASHANASI, B.; VILLENAVE, C.; PATRÓN, J. C.; SENAPATI, B. K.; GIRI, S.; BAROIS, I.; LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; BLAKEMORE, R. J.; SPAIN, A. V.; BOYER, J. Effects of earthworms on plant production in the tropics. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. F. (ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Wallingford: CAB International, 1999. p. 87-147.

BROWN, G. G.; PASINI, A.; BENITO, N. P.; AQUINO, A. M. de; CORREIA, M. E. F. Diversity and functional role of soil macrofauna communities in Brazilian no-tillage agroecosystems: a preliminary analysis. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MANAGING BIODIVERSITY IN AGRICULTURAL ECOSYSTEMS, 2001, Montreal. [Proceedings]. Montreal: UNU, 2001. Available at: <http://unu.edu/env/plec/cbd/abstracts/Brown.doc>.

BROWN, G. G.; SILVA, E. da; THOMAZINI, M. J.; NIVA, C. N.; DECAËNS, T.; CUNHA, L. F. N.; NADOLNY, H.; DEMETRIO, W.; SANTOS, A.; FERREIRA, T.; MAIA, L.; CONRADO, A. C.; SEGALLA, R.; FERREIRA, A. C.; PASINI, A.; BARTZ, M. L. C.; SAUTTER, K. D.; JAMES, S. W.; BARETTA, D.; ANTONIOLLI, Z. I.; LAVELLE, P.; BRIONES, M. J. I.; SOUSA, J. P.; RÖMBKE, J.; LAVELLE, P. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 121-154.



BROWN, G. G.; SILVA, E.; THOMAZINI, M. J.; NIVA, C. C.; DECAËNS, T.; CUNHA, L. F. N.; NADOLNY, H.; DEMETRIO, W. C.; SANTOS, A.; FERREIRA, T.; MAIA, L. S.; CONRADO, A. C.; SEGALLA, R. F.; FERREIRA, A. C.; PASINI, A.; BARTZ, M. L. C.; SAUTTER, K. D.; JAMES, S. W.; BARETTA, D. ANTONIOLLI, Z. I.; BRIONES, M. J. I.; SOUSA, J. P.; 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 agricultura**: v. 1: Fundamentals. Oxford: Burleigh Dodds Science Publishing, 2018. p. 197-241.

CARNEIRO, M. C.; ORTIZ, D. O.; ALEXANDRE, D.; CARNIEL, L. S. C.; DALLA ROSA, V. M.; BARETTA, D. Diversidade da fauna edáfica em florestas plantadas e mata nativa. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL CIÊNCIA, SAÚDE E TERRITÓRIO, 4., 2017, Lages. **Alimentos seguros, nutritivos e suficientes**: anais. Lages: Uniplac, 2017. p. 96.

CARVALHO, D. S. **Características da serapilheira e do solo sob florestas de coníferas e folhosas em Rio Negro, PR**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

CLASEN, L. A. **Abundância e diversidade da macrofauna edáfica em diversos ecossistemas na região da Floresta Nacional de Três Barras – Santa Catarina**. 2011. Monografia (Graduação em Biologia) - Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba.

CLASEN, L. A.; BROWN, G. G. Macrofauna do solo (abundância e diversidade) em diversos ecossistemas na região da Floresta Nacional de Três Barras, SC. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS, 10., 2011, Colombo. **Anais** [...]. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. (Embrapa Florestas. Documentos, 225).

COLEMAN, D. C.; CROSSLEY JR., D. A.; HENDRIX, P. F. **Fundamentals of soil ecology**. 2nd ed. Cambridge: Academic Press, 2004.

COPATTI, C. E.; GASPARETTO, F. M. Diversidade de insetos em diferentes tipos de borda em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Revista Biociências**, v. 18, n.2, p. 32-40, 2012.

CÓRDOVA, M.; CHAVES, C. L.; MANFREDI-COIMBRA, S. Fauna do solo x vegetação: estudo comparativo da diversidade edáfica em áreas de vegetação nativa e povoamentos de *Pinus* sp. **Geoambiente**, v. 12, p. 30-41, 2009.

DA CRUZ, M. G.; SILVERIO, M.; MASCHIO, W.; BROWN, G. G. Diversidade da fauna edáfica em floresta ombrófila mista e reflorestamento com *Araucaria angustifolia*, Embrapa Florestas – PR. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 29.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 13.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 11.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 8. **Fontes de nutrientes e produção agrícola**: modelando o futuro: anais. Viçosa, MG: SBCS, 2010. p. 1-3. CD-ROM. FERTBIO 2010.

DECAËNS, T.; LAVELLE, P.; JIMÉNEZ, J. J. Priorities for conservation of soil animals. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, v. 3, n. 14, p. 1-18, 2008.

DEMETRIO, W. C.; ASSIS, O.; NIVA, C. C.; BARTZ, M. L. C.; PAES, L.; CARDOSO, G.; FERREIRA, S.; SANTOS, E.; MARZAGÃO, M.; NADOLNY, H.; SAUTTER, K.D.; BROWN, G. G.; Comparison of soil invertebrate communities in organic and conventional production systems in Southern Brazil. **Soil Organisms**, v. 92, no. 2, p. 143-157, 2020.

DEMETRIO, W. C.; SANTOS, A.; FERREIRA, T.; NADOLNY, H. S.; CARDOSO, G. B. X.; TORRES, J. L. M.; DUDAS, R.; OLIVEIRA, V.; BARRETO, J.; JAMES, S. W.; SILVA, E. da; BROWN, G. G.; BARTZ, M. L. C. Earthworm species in various land use systems in the Campos Gerais region of Lapa, Paraná, Brazil. **Zootaxa**, v. 4496, p. 503-516, 2018.

DUARTE, M. M. Abundância de microartrópodes do solo em fragmentos de mata com araucária no sul do Brasil. **Iheringia, Série Zoológica**, v. 94, p. 163-169, 2004.

DUDAS, R. T.; OLIVEIRA, V.; SANTOS, A.; SILVA, E. da; VELASQUEZ, E.; LAVELLE, P.; BROWN, G. G.; BARTZ, M. L. Caracterização da macrofauna edáfica na RPPN Uru. In: ENCONTRO DE PESQUISA E INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE POSITIVO, 2016, Curitiba. **Anais** [...]. Curitiba: Universidade Positivo, 2016. EPIC 2016.

FEIJOO, A.; BROWN, G. G.; JAMES, S. W. New species of *Andiorrhinus* Cognetti, 1908 (Oligochaeta: Rhinodrilidae) from Venezuela and Brazil. **Zootaxa**, v. 4363, p. 55-78, 2017.

- FEIJOO, A.; BROWN, G. G. New species of *Glossoscolex* and *Fimoscolex* earthworms (Oligochaeta: Glossoscolecidae) from Embrapa Forestry, Paraná, Brazil. **Zootaxa**, v. 4496, p. 492-502, 2018.
- FERNANDES, J. O.; UEHARA-PRADO, M.; BROWN, G. G. Minhocas exóticas como indicadoras de perturbação antrópica em áreas de Floresta Atlântica. **Acta Zoológica Mexicana** (nueva série), v. 26, p. 211-217, 2010.
- FERREIRA, S. A. **Avaliação visual da estrutura e macrofauna edáfica em sistemas de uso do solo no subtropico brasileiro**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- FERREIRA, T.; SANTOS, A.; DEMETRIO, W.; CARDOSO, G. B. X.; MORAES, R.; ASSIS, O.; NIVA, C. C.; SMOKANIT, M.; KNÓPIK, J.; SAUTTER, K. D.; BROWN, G. G.; BARTZ, M. L. C. Earthworm species in public parks in Curitiba, Paraná, Brazil, **Zootaxa**, v. 4496, p. 535-547, 2018.
- FRANCO, R. **Fauna edáfica sob modelos em estágio inicial de restauração de floresta subtropical**. 2016. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, Patro Branco.
- GABRIAC, Q. **Étude de la diversité et des populations de la macrofaune édaphique dans les écosystèmes brésiliens**. 2020. Dissertação (Mestrado em Biodiversité, Ecologie, Evolution) - Université de Montpellier, França.
- HUMMEL, J.; GEE, C. T.; SÜDEKUM, K.-H.; SANDER, P. M.; NOGGE, G.; CLAUSS, M. In vitro digestibility of fern and gymnosperm foliage: implications for sauropod feeding ecology and diet selection. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 275, p. 1015-1021, 2008.
- INKOTTE, J. **Produção de serapilheira e aporte de nutrientes e carbono em plantações de eucalipto e florestas nativas em duas regiões de Santa Catarina**. 2013. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.
- ISO. International Organization for Standardization. **ISO 23611-1: soil quality: sampling of soil invertebrates**. 2nd ed. Geneva, Switzerland, 2018.
- KRABBE, E. L.; DRIEMEYER, D. J.; ANTONIOLLI, Z. I.; GIRACCA, E. M. N. Avaliação populacional de oligoquetas e características físicas do solo em diferentes sistemas de cultivo. **Ciência Rural**, v. 23, n. 1, p. 21-26, 1993.
- KRABBE, E. L.; DRIEMEYER, D. J.; ANTONIOLLI, Z. I.; GIRACCA, E. M. N. Efeitos de diferentes sistemas de cultivo sobre a população de oligoquetas e características físicas do solo. **Ciência Rural**, v. 24, p. 49-53, 1994.
- LANGE, M.; WEISSER, W. W.; GOSSNER, M. M.; KOWALSKI, E.; TÜRKE, M.; JONER, F.; FONSECA, C. R. The impact of forest management on litter-dwelling invertebrates: a subtropical-temperate contrast. **Biodiversity Conservation**, v. 20, p. 2133-2147, 2011.
- LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; GHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v. 33, p. 159-193, 1997.
- LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J.-P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. S3-S15, 2006.
- LEÃO, A. F. **Diversidade de coleópteros em sistemas florestais no município de Curitiba, SC**. 2018. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Catarina, Curitiba.
- LEIVAS, F. W. T.; FISCHER, M. L. Avaliação da composição de invertebrados terrestres em uma área rural localizada no município de Campina Grande do Sul, Paraná, Brasil. **Biotemas**, v. 21, n. 1, p. 65-73, 2008.
- LEIVAS, F. W. T.; GROSSI, P. C.; ALMEIDA, L. M. Histerid beetles (Staphyliniformia: Coleoptera: Histeridae) from Campos Gerais, Paraná, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 13, p. 196-204, 2013.
- LEWINSOHN, T. M.; FREITAS, A. V. L.; PRADO, P. I. Conservação de invertebrados terrestres e seus habitats no Brasil. **Megadiversidade**, v. 1, p. 62-69, 2005.



LIMA, D. A.; CORREIA, M. E. F.; SANTOS, H. P.; AQUINO, A. M.; MANTO, L.; FONTANELI, R. S. Influência de diferentes sistemas de preparo de solo e rotações de culturas sobre a macrofauna do solo em Passo Fundo, Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 9.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 7.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 4., 2002. Rio de Janeiro, RJ. **Agricultura: bases ecológicas para o desenvolvimento social e econômico sustentado: guia do congressista**. Rio de Janeiro: UFRJ: Embrapa Agrobiologia: Embrapa Solos, 2002. 201 p. 201 p. Fertbio 2002.

LIMA, O. G. **Indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo em plantios florestais e floresta Ombrófila Mista na Embrapa Florestas, Colombo-PR**. 2011. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MACHADO, J. S.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; SANTOS, J. C. P.; PAULINO, A. T.; BARETTA, D. Morphological diversity of springtails (Hexapoda: Collembola) as soil quality bioindicators in land use systems. **Biota Neotropica**, v. 19, n. 1, e20180618, 2019.

MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; MEDEIROS, J. C.; ROSA, J. D.; FONTOURA, S. M. V.; COSTA, F. S.; BAYER, C. Manejo do solo e fauna edáfica em experimento de longa duração na região de Guarapuava, PR. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., 2002, Cuiabá. **Anais [...]**. Cuiabá: SBCE/UFMT-DSE, 2002. p. 1-5. CD-ROM.

MARINONI, R. C.; GANHO, N. G. Fauna de Coleoptera no Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. Abundância e riqueza das famílias capturadas através de armadilhas de solo. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, p. 727-736, 2003.

MARTINS, M. F. O.; THOMAZINI, M. J.; BARETTA, D.; BROWN, G. G.; ROSA, M. G.; ZAGATTO, M. R. G.; SANTOS, A.; NALDONY, H. S.; CARDOSO, G. B. X.; NIVA, C. C.; BARTZ, M. L. C.; FEITOSA, R. M. Accessing the subterranean ant fauna (Hymenoptera: Formicidae) in native and modified subtropical landscapes in the Neotropics. **Biota Neotropica**, v. 20, e20190782, 2020.

MARTINS, M. O. F. **Assembleias de formigas subterrâneas (Hymenoptera: Formicidae) de três regiões do Sul do Brasil**: diferentes sistemas de uso do solo e avaliação da técnica TSBF para amostragem. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MERLIM, A. O.; AQUINO, A. M.; CARDOSO, E. J. B. N. Larvas de Coleoptera em ecossistemas de araucária no Parque Estadual de Campos de Jordão, SP. **Ciência Rural**, v. 36, p. 1303-1306, 2006.

MERLIM, A. O. **Macrofauna edáfica em ecossistemas preservados e degradados no Parque Estadual de Campos de Jordão, SP**. 2005. 89 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

NADOLNY, H. S.; SANTOS, A.; DEMETRIO, W.; FERREIRA, T.; MAIA, L. S.; CONRADO, A. C.; BARTZ, M.; GARRASTAZU, M.; SILVA, E. da; LAVELLE, P.; BARETTA, D.; PASINI, A.; VEZZANI, F.; SOUZA, J. P.; CUNHA, L.; MATHIEU, J.; RÖMBKE J.; BROWN, G. G. **Data from: recommendations for assessing earthworm populations in Brazilian ecosystems**. Dryad, v. 5, 2020b. DOI: <https://doi.org/10.5061/dryad.4md0s64>.

NADOLNY, H. S.; SANTOS, A.; DEMETRIO, W.; FERREIRA, T.; MAIA, L. S.; CONRADO, A. C.; BARTZ, M.; GARRASTAZU, M.; SILVA, E. da; LAVELLE, P.; BARETTA, D.; PASINI, A.; VEZZANI, F.; SOUZA, J. P.; CUNHA, L.; MATHIEU, J.; RÖMBKE J.; BROWN, G. G. Recommendations for assessing earthworm populations in Brazilian ecosystems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 55, e01006, 2020a.

NIVA, C. C.; CEZAR, R. M.; FONSECA, P. M.; ZAGATTO, M. R. G.; OLIVEIRA, E. M.; BUSH, E. F.; CLASEN, L. A.; BROWN, G. G. Abundância de enquitreídeos na Floresta Ombrófila Mista determinada por extração úmida quente e fria. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 4, p. 169-175, 2015.

OLIVEIRA, E.; CESAR, R. M.; ZAGATTO, M. R.; FONSECA, P. M.; BROWN, G. G. Avaliação da macrofauna edáfica sob dois métodos de coleta - TSBF e pitfall traps em fragmento de floresta ombrófila mista. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 30.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 14.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 12.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 9.; SIMPÓSIO SOBRE SELÊNIO NO BRASIL, 1., 2012, Maceió. **A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola**: anais. Viçosa, MG: SBCE, 2012. 1 CD-ROM. Fertbio 2012.



- OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; BARETTA, D.; PEREIRA, J. M.; CARDOSO, E.J.B.N. Fauna edáfica em ecossistemas florestais. In: FONTES, N. L. P.; FORTES NETO, P. (ed.). **Ciências Ambientais**: vol. II. São Paulo: UNITAU, 2018a.
- OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; SCHNEIDER, L. F.; TELES, J. S.; WERTER, J. D.; SANTOS, J. C. P. Fauna edáfica em áreas com diferentes manejos e tempos de descarte de resíduos animais. **Revista Scientia Agraria**, v. 19, n.1, p. 113-123, 2018b.
- 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.; LAVALLE, 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. (ed.). **Global soil biodiversity atlas**. Luxembourg: European Commission, 2016.
- ORTIZ, D. O.; ALEXANDRE, D.; CARNIEL, L. S. C.; CARNEIRO, M. C.; DALLA ROSA, V. M.; BARETTA, D. Macrofauna do solo em diferentes ecossistemas florestais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL CIÊNCIA, SAÚDE E TERRITÓRIO, 4., 2017, Lages. **Alimentos seguros, nutritivos e suficientes**: anais. Lages: Uniplac, 2017. p. 116.
- ORTIZ, D. O. **Efeito do plantio de *Pinus elliotii* para a fauna edáfica e para a germinação de sementes**: estudos na Floresta Nacional de Três Barras. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos.
- PECH, T.; ORTIZ, D. O.; MARTINAZZO, N. M.; SIMINSKI, A.; NIEMEYER, J. C. Macrofauna do solo em mata nativa, plantio de *Pinus elliotii* e plantio de *Araucaria angustifolia* na FLONA de Três Barras, SC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35., 2015, Natal. **O solo e suas múltiplas funções**: anais. Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.
- PEREIRA, J. M. **Atributos biológicos como indicadores de qualidade do solo em Floresta de Araucária nativa e reflorestada no Estado de São Paulo**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.
- PEREIRA, J. M.; BARETTA, D.; CARDOSO, E. J. B. N. Fauna edáfica em florestas de Araucária. In: CARDOSO, E. J. B. N.; VASCONCELLOS, R. L. F. (ed.). **Floresta com Araucária, composição florística e biota do solo**. Piracicaba: FEALQ, 2015. p. 153-180.
- PEREIRA, J. M.; BARETTA, D.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; BARETTA, C. R. D. M.; CARDOSO, E. J. B. N. Fauna edáfica e suas relações com atributos químicos, físicos e microbiológicos em Floresta de Araucária. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 1, p. 242-257, 2020.
- PEREIRA, J. M.; BARETTA, D.; VASCONCELOS, R. L. F.; ROCHA, L. C. D.; CARDOSO, E. J. B. N. Fauna edáfica em floresta de araucária no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34., 2013, Florianópolis. **Ciência do solo**: para quê e para quem: anais. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013.
- PEREIRA, J. M.; CARDOSO, E. J. B. N.; BRESOVIT, A. D.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; SEGAT, J. C.; BARETTA, C. R. D. M.; BARETTA, D. Soil spiders (Arachnida: Araneae) in native and reforested *Araucaria* forests. **Scientia Agricola**, v. 78, n.3, e20190198, 2021.
- PEREIRA, J. M.; SEGAT, J. C.; BARETTA, D.; VASCONCELLOS, R. L. F.; BARETTA, C. R. D. M.; CARDOSO, E. J. B. N. Soil macrofauna as a soil quality indicator in native and replanted *Araucaria angustifolia* forests. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, e0160261, 2017.
- POMPEO, P. N.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, Á. L.; BARETTA, D. Coleoptera diversity and soil properties in land use systems. **Floresta e Ambiente**, v. 27, n. 3, e20180068, 2020.
- POMPEO, P. N.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, Á. L.; MALUCHE -BARETTA, C. R. D.; BARETTA, D. Diversidade de Coleoptera (Arthropoda: Insecta) e atributos edáficos em sistemas de uso do solo no Planalto Catarinense. **Scientia Agraria**, v. 17, p. 16-28, 2016a.
- POMPEO, P. N.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; SANTOS, M.A. B.; MAFRA, Á. L.; KLAUBERG FILHO, O.; BARETTA, D. Morphological diversity of Coleoptera (Arthropoda: Insecta) in agriculture and forest systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, p. e0160433, 2017.



POMPEO, P. N.; SANTOS, M. A. B.; BIASI, J. P.; SIQUEIRA, S. F.; ROSA, M. G.; BARETTA, C. R. D. M.; BARETTA, D. Fauna e sua relação com atributos edáficos em Lages, Santa Catarina - Brasil. **Scientia Agraria**, v. 17, p. 42-51, 2016b.

ROSA, M. G.; BRESCOVIT, A. D.; SANTOS, J. C. P.; BARETTA, C. R. D. M.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; BARETTA, D. Diversity of soil spiders in land use and management systems in Santa Catarina, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 19, n. 2, e20180619, 2019.

ROSA, M. G.; KLAUBERG FILHO, O.; BARTZ, M. L. C.; MAFRA, Á. L.; SOUSA, J. P. F. A. Macrofauna edáfica e atributos físicos e químicos em sistemas de uso do solo no planalto catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1544-1553, 2015.

ROSA, M. G. **Macrofauna do solo em diferentes sistemas de uso no oeste e planalto catarinense**. 2013. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.

RUIZ, N. C.; LAVELLE, P.; JIMÉNEZ, J. J. **Soil macrofauna field manual**. Rome: FAO, 2008. (Technical level).

SANTOS, E. dos; BROWN, G. G.; CARDOSO, G. B. X.; NADOLNY, H.; PAES, L. S. O. P.; ASSIS, O.; FERREIRA, S. A.; DEMETRIO, W. C. Invertebrados edáficos em diferentes sistemas de uso do solo no município de Quitandinha, PR. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 31.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 15.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 13.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 10., 2014, Araxá. **Fertilidade e biologia do solo: integração e tecnologias para todos: anais**. Araxá: Núcleo Regional Leste da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2014. Resumo. FERTBIO 2014.

SANTOS, E. dos; VARGAS, G.; MELLO FILHO, N.; BROWN, G. G. Comparação entre diferentes métodos de coleta de minhocas em dois diferentes sistemas florestais. **Scientia Vitae**, v. 3, p. 34-40, 2016.

SANTOS, E.; TOLEDO, V. G.; FERNANDES, H.; PEREIRA, L. A. Macrofauna edáfica invertebrada como bioindicador em dois diferentes fragmentos remanescentes de floresta ombrófila mista no Paraná. **Enciclopédia Biosfera**, v.16, n. 29, p. 1010-1025, 2019.

SCHEU, S. Effects of earthworms on plant growth: patterns and perspectives. **Pedobiologia**, v. 47, p. 846-856, 2003.

SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; HERNANDES, J. I.; KÖNIG, F. G. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande-RS. **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, p. 29-37, 2004.

SILVA, E. da; LIMA, O. G.; ANDRADE, D. P.; BROWN, G. G. Earthworm populations in forestry plantations (*Araucaria angustifolia*, *Pinus elliottii*) and Native Atlantic forest in Southern Brazil compared using two sampling methods. **Pedobiologia**, v. 72, p. 1-7, 2019.

SILVA, W. L. da. **Fauna edáfica em mata de araucária do Município de Senador Amaral no sul de Minas Gerais**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Inconfidente.

SILVANO, C.; LIMA, O. G.; BROWN, G. G. Abundância de oligoquetas terrestres em áreas de floresta Ombrófila Mista e plantação de *Araucaria angustifolia*, utilizando dois métodos de coleta. In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE ECOLOGIA E TAXONOMIA DE OLIGOQUETAS, 4., 2010, Curitiba. **Minhocas como bioindicadoras ambientais: princípios e práticas: anais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. 1 CD-ROM. (Embrapa Florestas. Documentos, 199).

SMOKANIT, M.; BROWN, G. G.; NIVA, C.; SAUTTER, K. D.; BARTZ, M. L. C. Biodiversidade da macrofauna edáfica em parques urbanos de Curitiba, Paraná, Brasil. In: ENCONTRO DE PESQUISA E INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE POSITIVO, 7., 2016, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: Universidade Positivo, 2016.

SOUSA, S. G. A. **Produção e decomposição de serapilheira de uma floresta ombrófila mista aluvial, Rio Barigüi, Araucária, PR**. 2003. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1979.

TANCK, B. C. B.; SANTOS, H. R.; DIONÍSIO, J. A. Influência de diferentes sistemas de uso e manejo do solo sobre a flutuação populacional do oligochaeta edáfico *Amyntas* spp. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 409-415, 2000.



- TESSARO, D. **Doses de água residuária da suinocultura nas lavouras de milho, aveia e soja e suas influências sobre a meso e macrofauna do solo.** 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - UNIOESTE, Cascavel.
- TORRES, J. M.; SANTOS, A.; SILVA, E.; VELASQUEZ, E.; LAVELLE, P.; BROWN, G. G.; BARTZ, M. L. C. Diversidade taxonômica e funcional de oligoquetas terrestres na RPPN Uru. In: ENCONTRO DE PESQUISA E INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE POSITIVO, EPIC 2016, 2016, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: Universidade Positivo, 2016.
- TRIGO, P.; LIMA, J.; NERONI, R.; LAMMEL, D.; CARDOSO, E. J. B. N. Interações ecológicas. In: CARDOSO, E. J. B. N.; VASCONCELLOS, R. L. F. (ed.). **Floresta com Araucária, composição florística e biota do solo.** Piracicaba: FEALQ, 2015. p. 253-266.
- WIGGERS, S. G. **Fauna edáfica em fragmentos de floresta ombrófila mista altomontana no planalto sul catarinense.** 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.
- ZEIBICH, L.; SCHMIDT, O.; DRAKE, H. L. Dietary polysaccharides: fermentation potentials of a primitive gut ecosystem. **Environmental Microbiology**, v. 21, n. 4, p. 1436-1451, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/1462-2920.14556>.
- ZHENG, Y.; WANG, S.; BONKOWSKI, M.; CHEN, X.; GRIFFITHS, B.; HU, F.; LIU, M. Litter chemistry influences earthworm effects on soil carbon loss and microbial carbon acquisition. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 123, p. 105-114, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.05.012>.

