

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 184

Macrofauna do Solo em Sistemas Agroflorestais e Mata Atlântica em Regeneração nos Municípios de Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, PR

George Gardner Brown

Wagner Maschio

Luís Cláudio Maranhão Froufe

Embrapa Florestas

Colombo, PR

2009

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, Km 111, Guaraituba,
83411 000 - Colombo, PR - Brasil
Caixa Postal: 319
Fone/Fax: (41) 3675 5600
Home page: www.cnpf.embrapa.br
E-mail: sac@cnpf.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Patrícia Póvoa de Mattos
Secretária-Executiva: Elisabete Marques Oaida
Membros: Antonio Aparecido Carpanezi, Cristiane Vieira Helm,
Dalva Luiz de Queiroz, Elenice Fritzsos, Jorge Ribaski, José
Alfredo Sturion, Marilice Cordeiro Garrastazu, Sérgio Gaiad

Supervisão editorial: Patrícia Póvoa de Mattos
Revisão de texto: Mauro Marcelo Berté
Normalização bibliográfica: Elizabeth Denise Câmara Trevisan
Editoração eletrônica: Mauro Marcelo Berté
Fotos da capa: George Gardner Brown

1ª edição

1ª impressão (2009): xx exemplares

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)

Embrapa Florestas

Brown, George Gardner.

Macrofauna do solo em sistemas agroflorestais e Mata Atlântica em regeneração nos Municípios de Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, PR / George Gardner Brown, Wagner Maschio, Luís Cláudio Maranhão Froufe. - Colombo : Embrapa Florestas, 2009.

51 p. - (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1517-526X ; 184)

1. Fauna edáfica. 2. Sistema agroflorestal. 3. Bioma - Regeneração. 4. Biodiversidade – Conservação. I. Maschio, Wagner. II. Froufe, Luís Cláudio Maranhão. III. Título. IV. Série.

CDD 591.757 (21. ed.)

© Embrapa 2009

Autores

George Gardner Brown

Engenheiro Agrônomo, Doutor
Pesquisador da *Embrapa Florestas*
brownng@cnpf.embrapa.br

Wagner Maschio

Graduando de Geografia da
Universidade Tuiuti do Paraná
Estagiário da *Embrapa Florestas*
wmaschio@gmail.com

Luís Cláudio Maranhão Froufe

Engenheiro Florestal, Doutor
Pesquisador da *Embrapa Florestas*
luisao@cnpf.embrapa.br

Apresentação

Este documento é fruto de uma parceria entre a *Embrapa Florestas*, a Associação de Produtores Orgânicos (AOPA) e a Cooperafloresta, formalizada através de um projeto financiado pela Petrobrás Ambiental (Iguatu2), no qual estiveram envolvidos vários pesquisadores da *Embrapa Florestas*. Nessa parceria, a Unidade contribuiu tanto para a pesquisa científica como para a extensão de sistemas agroflorestais (SAFs), gerando importantes frutos para todos os envolvidos, entre eles, o aumento do conhecimento sobre os processos ecológicos que ocorrem no solo sob SAFs.

Os SAFs, cada vez mais adotados no país, representam uma opção de manejo sustentável do solo que pode gerar produtos tanto para a subsistência familiar, quanto para comercialização no mercado. Além disso, os SAFs proporcionam cobertura vegetal diversificada e proteção ao solo, e adicionam a ele maior quantidade e diversidade de resíduos e de matéria orgânica que servem de alimento aos animais edáficos. Portanto, nesse sistema de manejo, a população e a diversidade da fauna do solo tendem a aumentar em comparação com sistemas agrícolas mais intensivos e menos diversificados.

Entretanto, há poucos estudos sobre as comunidades de animais edáficos em SAF's brasileiros, e que comparam as populações

encontradas em SAFs com sistemas naturais, como florestas em processo de regeneração. Portanto, este trabalho representa uma importante adição ao conhecimento da fauna do solo brasileira, em especial do papel dos SAFs como promotores da atividade e mantenedores da diversidade dos animais edáficos num bioma tão ameaçado como a Mata Atlântica, um dos *hotspots* de biodiversidade mundial. Apesar da baixa diversidade total de táxons de invertebrados (especialmente espécies de minhocas) encontrados, este trabalho mostra claramente como os SAFs e a regeneração florestal podem afetar a abundância dos principais grupos da macrofauna nesses ecossistemas. Finalmente, o trabalho esclarece a necessidade de aprofundar mais no estudo desses representantes pouco conhecidos e pouco reconhecidos dos ecossistemas (a fauna do solo), para melhor compreender a diversidade desses animais, seus efeitos ao solo e nas plantas, e os impactos do manejo dos ecossistemas sobre suas populações.

Acolhemos, portanto, com prazer esse documento e conclamamos aos profissionais e alunos da área para seguirem com esses estudos, em prol da agricultura sustentável e da conservação da biodiversidade no Brasil.

Helton Damin da Silva
Chefe Geral
Embrapa Florestas

Sumário

Introdução	9
Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) e a biodiversidade	9
A macrofauna, sua diversidade e importância funcional.....	10
Material e Métodos	14
Locais de coleta.....	14
Coleta da Macrofauna do solo	22
Análise estatística	22
Resultados	23
Primeira coleta – Macrofauna	23
Segunda coleta – Macrofauna	28
Diversidade, densidade e biomassa de minhocas	32
Relação da fauna e dos sistemas com as propriedades do solo.....	37
Discussão	40
Considerações Finais	46
Agradecimentos	47
Referências	47

Macrofauna do Solo em Sistemas Agroflorestais e Mata Atlântica em Regeneração nos Municípios de Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, PR

George Gardner Brown

Wagner Maschio

Luís Cláudio Maranhão Froufe

Introdução

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) e a biodiversidade

Os sistemas agroflorestais (SAFs) são geralmente considerados benéficos para a biodiversidade e sua conservação, quando comparados com agroecossistemas mais simples, com menor número de espécies vegetais (McNEELEY; SCHROTH, 2006). Tanto a biodiversidade acima do solo quanto a edáfica podem ser afetadas de forma positiva pela adoção de SAFs, especialmente quando sua estrutura se aproxima daquela da vegetação nativa da região. Geralmente se presume que a biodiversidade no solo está relacionada diretamente com a diversidade vegetal, mas a natureza dessa relação ainda não está bem esclarecida, já que existe um grande número de processos interativos envolvidos (HOOPER et al., 2000). Consequentemente, existe pouca informação sobre a importância da diversidade vegetal na regulação da diversidade edáfica em diferentes níveis da paisagem (SUSILO et al., 2004). Em agroecossistemas mais simples e para alguns grupos de organismos do solo, relações positivas são evidentes, mas à medida que o sistema fica mais complexo, as relações ficam menos claras (VAN NOORDWIJK, 1999). Esclarecer essa relação é uma tarefa importante e urgente para ecologistas do solo, especialmente considerando a expansão agrícola e a intensificação do uso do solo em muitos países megadiversos como o

Brasil. A mudança na cobertura do solo, especialmente para agricultura, tem sido considerada uma das principais causas da atual “crise da biodiversidade” (WILSON, 1985). Portanto, a adoção de sistemas considerados menos impactantes à biodiversidade, como são os SAFs, deve ser promovida, e adaptações necessárias para sua adoção mais ampla pelos agricultores devem ser uma prioridade da pesquisa agrícola no País, especialmente em ou próximo a áreas de preservação permanente e em biomas de alta biodiversidade (os *hotspots*), como a Mata Atlântica e a Amazônia.

A macrofauna, sua diversidade e importância funcional

Um dos importantes componentes do solo afetados pela adoção dos SAFs é a macrofauna do solo. A macrofauna do solo inclui diversos táxons (pertencentes a diferentes classes, ordens e famílias) de invertebrados, cujos representantes são visíveis a olho nu, e cujo tamanho é geralmente $>$ a 2 mm de diâmetro ou 1 cm de comprimento, e que vivem dentro do solo ou na superfície do mesmo (por ex., na serapilheira, troncos podres) e/ou que passam uma importante fase de seu ciclo de vida sobre ou dentro do solo.

A macrofauna inclui mais de 20 grupos taxonômicos: minhocas (Haplotaxida), cupins (Isoptera), formigas (Hymenoptera: Formicidae) e formigas-leão (Neuroptera), centopéias ou lacraias (Chilopoda), milipéias ou piolhos de cobra (Diplopoda), aranhas (Araneae), opiliões (Opiliones), larvas e adultos de besouros (Coleoptera – várias famílias), grilos (Orthoptera), cigarras (Homoptera), caracóis e lesmas (Gastropoda), escorpiões (Scorpiones), pseudo-escorpiões (Pseudoscorpiones), baratas (Blattaria), tatuzinhos (Isopoda), tesourinhas (Dermaptera), larvas de moscas (Diptera) e de mariposas (Lepidoptera), traças (Thysanura) (Tabela 1).

Desses organismos, os besouros tendem a ser os mais diversificados (com maior número de espécies), ainda que em abundância geralmente predominem as formigas e os cupins, e em termos de biomassa, normalmente predominem as minhocas. A abundância de toda a macrofauna pode alcançar vários milhões de indivíduos por hectare

e sua biomassa várias toneladas por hectare (BROWN et al., 2001). Sua diversidade também pode superar 1.000 espécies por local em ecossistemas altamente diversos como as florestas tropicais, ainda que existam pouquíssimos dados sobre a diversidade total da macrofauna edáfica em locais específicos na região tropical (BARROS et al., 2006; BROWN et al., 2006a).

Tabela 1. Principais classes ou ordens da macrofauna do solo e sua classificação funcional (modificado de BROWN et al., 2001).

Classe ou Ordem	Nomes comuns	Grupos funcionais
Coleoptera	Escaravelhos, besouros, corós	Rizófagos, predadores, detritívoros, fitófagos
Oligochaeta	Minhocas	Geófagos, detritívoros, onívoros
Isoptera	Cupins	Geófagos, detritívoros, rizófagos, fitófagos
Hymenoptera	Formigas, saúvas, quenquém	Fitófagos, predadores, detritívoros, omnívoros
Chilopoda	Centopéias, lacraias	Predadores
Diplopoda	Milipéias, piolhos de cobra, gongôlo	Detritívoros
Hemiptera	Percevejos	Rizófagos, fitófagos, predadores
Homoptera	Cigarras, cigarrinhas	Rizófagos, fitófagos, detritívoros,
Orthoptera	Grilos	Rizófagos, fitófagos, detritívoros, onívoros
Diptera	Moscas, mosquitos	Detritívoros, predadores, parasitas
Araneae	Aranhas	Predadores
Opiliones	Opiliões	Predadores
Lepidoptera	Mariposas, taturanas	Fitófagos
Blattaria	Baratas	Fitófagos, detritívoros, onívoros
Isopoda	Tatuzinhos	Detritívoros
Scorpiones	Escorpiões	Predadores
Pseudoscorpiones	Pseudo-escorpiões	Detritívoros, Predadores
Gastropoda	Caracóis, lesmas	Fitófagos, detritívoros
Dermaptera	Tesourinhas	Detritívoros
Thysanura e Archaeognata	Traças	Detritívoros
Diplura	-	Predadores
Neuroptera	Formigas-leão	Predadores

Considerando a diversidade de invertebrados pertencentes à macrofauna edáfica, não é surpresa que eles executem múltiplas funções nos ecossistemas terrestres, variando desde os organismos geófagos, que ingerem solo (geralmente escolhendo partes com maior teor de matéria orgânica humificada e/ou raízes mortas); os detritívoros, que são decompositores ou desintegradores, que se alimentam de material vegetal ou animal em decomposição (carniceiros ou necrófagos); os rizófagos e fitófagos, que se alimentam de plantas vivas (raízes ou partes aéreas); os predadores, que se alimentam de outros organismos; os onívoros, que comem todo tipo de alimento, tanto de origem vegetal como animal; e os parasitas, que vivem à custa de outros (BROWN et al., 2002; Tabela 1).

Devido, portanto, à sua importância ecológica, estudar a composição das comunidades da macrofauna em diferentes ecossistemas é um importante ponto de partida para entender seus efeitos potenciais no solo e na produtividade vegetal. Já que cada organismo pode ter uma influência distinta sobre os processos edáficos e a produtividade vegetal, sua abundância ou biomassa pode chegar a umbrais importantes, tanto positivos quanto negativos (BROWN et al., 1999, 2001).

Os macroinvertebrados edáficos também são um indicador útil da saúde do solo ou de seu estado de perturbação, já que esses organismos são sensíveis a uma ampla gama de propriedades edáficas e do ambiente/ecossistema e ao manejo adotado pelos seres humanos (PANKHURST et al. 1997; PAOLETTI, 1999). Além disso, desempenham um importante papel na regulação da estrutura e função dos solos de ecossistemas agrícolas e florestais, apresentam uma ampla distribuição e são abundantes (LAVELLE et al., 1997).

Dos grupos de macroinvertebrados edáficos, as minhocas têm recebido maior atenção. Contudo, nem todos os autores acreditam que as minhocas podem ser boas indicadoras da saúde dos solos. Doube e Schmidt (1997) avaliaram nove estudos de caso e concluíram que a abundância e/ou composição de espécies de minhocas nem sempre

indicam a qualidade do solo. Por outro lado, Fragoso et al. (1999) afirmam que o número de espécies nativas ou exóticas pode ser um bom indicador do nível de perturbação de certos ambientes. Quanto maior o número de espécies nativas e menor o de exóticas, menor o nível de perturbação do local.

Os dados disponíveis mundialmente sobre a população de macrofauna em SAFs mostram que esses sistemas possuem uma comunidade relativamente específica de fauna, comparada com sistemas agrícolas convencionais (LAVELLE et al., 2003; BARROS et al., 2006), devido às suas propriedades intrínsecas e às particularidades de seu manejo. Contudo, a maior parte dos estudos realizados no Brasil até o momento foi feita na Amazônia (veja revisão de BROWN et al., 2006a). Na Mata Atlântica são poucos os trabalhos realizados, dos quais citam-se aqueles conduzidos na zona de cultivo de cacau na Bahia (PENEIREIRO, 1999; MOÇO et al., 2009), e nos arredores de Paraty (SILVA, 2006). Os trabalhos sobre fauna do solo em floresta atlântica em regeneração também são raros, especialmente na Mata Atlântica. Contudo, cabe mencionar aqui o excelente trabalho realizado por Correia et al. (2003) sobre o tema, na região de Bom Jardim, Rio de Janeiro.

Portanto, o atual trabalho foi realizado para avaliar o impacto da adoção de SAFs em Mata Atlântica, e do processo de regeneração da floresta secundária sobre a macrofauna do solo e as propriedades edáficas e da serapilheira, nos municípios de Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, PR, ambos no Vale do Rio Ribeira (Fig. 1). Amostras foram tomadas em SAFs e capoeiras de diferentes idades, para avaliar o impacto do manejo adotado e da idade dos SAFs sobre a fauna do solo, em comparação com mata atlântica em diferentes estágios de regeneração.

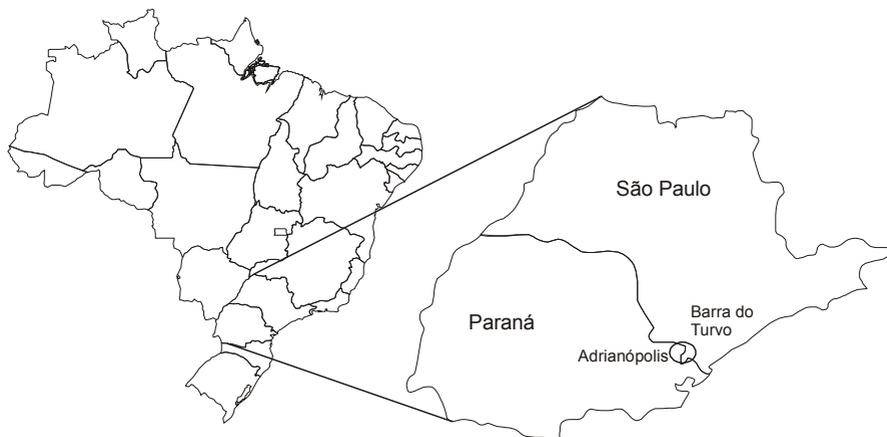


Fig. 1. Localização de Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, PR, municípios onde se realizou o presente trabalho.

Material e Métodos

O presente trabalho faz parte de um projeto maior (Iguatu2) financiado pela Petrobrás Ambiental, e foi realizado no Vale do Ribeira, nos arredores de Barra do Turvo, SP. Nessa região, a ONG Cooperafloresta vem trabalhando há vários anos com mais de 70 famílias de agricultores, auxiliando-os na adoção de SAFs orgânicos e sucessionais, principalmente para suprir o mercado de produtos orgânicos de Curitiba, PR.

Locais de coleta

As coletas foram realizadas nos municípios de Barra do Turvo, SP, e de Adrianópolis, PR (Fig. 1). Essa região foi extensamente desmatada e o sistema de uso predominante é formado por pastagens, sendo que a vegetação nativa (Floresta Ombrófila Densa Submontana) está altamente antropizada, e se encontra em fragmentos, principalmente, em topos de morro ou acompanhando nascentes e pequenos córregos nas encostas das montanhas (Fig. 2). Os locais de coleta estavam localizados nos vales dos rios Turvo e Pardo, afluentes do Ribeira

que fazem divisa com os estados do Paraná e de São Paulo. As características gerais desses locais encontram-se na Tabela 2. As áreas de coleta estavam localizadas em quatro propriedades, das quais três eram de pequenos produtores rurais membros da Cooperafloresta. A altitude média das áreas de coleta variou entre 84 m e 254 m. Os locais de coleta incluíram três SAFs de diferentes idades: 16 anos (Fig. 3), 8 anos (Fig. 4) e 4 anos (Fig. 5). Para comparação, escolheram-se capoeiras (Mata Atlântica secundária) de diferentes idades de regeneração: 5; 20 (Fig. 2) e > 30 anos. Em cada propriedade e local selecionaram-se três parcelas de 20 m x 20 m, sendo uma em cada posição da catena, ou seja, no terço superior, médio e inferior.

As características dos solos de cada local se encontram especificadas na Tabela 3. Os solos de todas as áreas foram classificados como Cambissolos háplicos (devido à pouca profundidade e baixo grau de intemperismo), e as variações entre sistemas foram principalmente devido à saturação de bases, sendo encontrados solos mesoeutróficos, mesodistróficos e hiperdistróficos. A quantidade e qualidade da serapilheira encontrada em cada sistema se encontram na Tabela 4. As avaliações pedológicas (física e química do solo) e da serapilheira foram realizadas entre maio e setembro de 2007.

Fotos: Wagner Maschio.



Fig. 2. Aspecto geral da paisagem da região de Barra do Turvo, SP, com os morrotes geralmente desmatados com pastagens degradadas, e pequenos fragmentos de mata, geralmente ciliar, ou nos topos de morros (esquerda). Aspecto do interior da Capoeira de 20 anos, e a triagem da macrofauna (direita).

Fotos: Wagner Maschio.



Fig. 3. Aspectos das parcelas de terço médio (esquerda) e terço superior (direita), dos SAFs de 16 anos, na propriedade do Sezefredo, Barra do Turvo, SP.

Fotos: George Gardner Brown (esq.), Wagner Maschio (dir.).



Fig. 4. SAFs de 8 anos de idade com diversas culturas (esquerda) e com palmito (direita), na propriedade de Sidnei (Adrianópolis, PR).

Fotos: Wagner Maschio (esq.), George Gardner Brown (dir.).



Fig. 5. SAF de 4 anos na propriedade do Cláudio e Nelma (Barra do Turvo, SP) (esquerda), e triagem da macrofauna no SAF de 8 anos, propriedade do Sidnei (Adrianópolis, PR) (direita).

Tabela 2. Características gerais dos locais de amostragem em Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, PR.

Sistema	Município	Idade (anos)	Proprietários	Coordenadas	Local	Altitude (m)	Vegetação
SAF 4	Barra do Turvo	4	Cláudio/ Nelma	24° 53' 12"S 48° 28' 55"W	TI	177	SAF predominando banana
				24° 53' 11"S 48° 28' 13"W	TM	223	
				24° 53' 13"S 48° 28' 54"W	TS	246	
SAF 8	Adrianópolis	8	Sidinei Maciel dos Santos	24° 49' 23"S 48° 33' 39"W	TI	134	SAF múltiplo (banana, abacaxi, pupunha e olerícolas)
				24° 49' 24"S 48° 33' 38"W	TM	189	
				24° 49' 29"S 48° 33' 39"W	TS	192	
SAF 16	Barra do Turvo	16	Sezefredo Gonçalves da Cruz	24° 51' 26"S 48° 29' 17"W	TI	161	SAF predominando banana
				24° 51' 26"S 48° 29' 16"W	TM	162	
				24° 51' 29"S 48° 29' 17"W	TS	179	

continua

Tabela 2. Continuação.

Sistema	Município	Idade (anos)	Proprietários	Coordenadas	Local	Altitude (m)	Vegetação
CAP 5	Barra do Turvo	5	Luiz Portella	24° 47' 40"S 48° 32' 21"W	TI	98	Mata Atlântica secundária
				24° 47' 41"S 48° 32' 19"W	TM	99	
				24° 47' 41"S 48° 32' 19"W	TS	107	
CAP 20	Barra do Turvo	20	Luiz Portella	24° 47' 36"S 48° 32' 27"W	TS	145	Mata Atlântica secundária
				24° 47' 34"S 48° 32' 28"W	TM	112	
				24° 47' 35"S 48° 32' 29"W	TI	84	
CAP > 30	Barra do Turvo	> 30	Sezefredo Gonçalves da Cruz	24° 51' 25"S 48° 29' 19"W	TS	254	Mata Atlântica secundária
				24° 51' 24"S 48° 29' 18"W	TM	189	
				24° 51' 27"S 48° 29' 18"W	TI	172	

TS = terço superior; TM = terço médio; TI = terço inferior.

Tabela 3. Propriedades dos solos das áreas avaliadas. Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, PR. Média das três parcelas (terço superior, médio e inferior) e de duas profundidades (0 a 10 cm e 10 cm a 20 cm).

Sistema	Classificação	Areia	Argila	Textura	Dap	pH	P	C	N	K	Ca	Mg	H+Al	V
SAF 4	Ch mesoeutrófico	50	15	Franco	1,07	1,1	0,14	16,2	4,3	10,64	0,16	0,61	3,12	73,4
SAF 8	Ch mesodistrófico	51	17	Franco-siltoso	0,97	1,0	0,17	19,5	5,1	10,36	0,24	2,35	4,43	59,0
SAF 16	Ch hiperdistrófico	38	29	Franco-siltoso	1,03	1,0	0,17	19,7	3,9	10,66	0,16	0,81	4,64	56,4
CAP 5	Ch hiperdistrófico	54	22	Franco-siltoso	0,94	0,9	0,17	19,9	6,0	9,06	0,15	5,42	6,18	29,1
CAP 20	Ch mesoeutrófico	56	16	Franco-siltoso	1,06	1,1	0,14	16,2	5,3	14,20	0,12	3,98	4,44	56,6
CAP >30	Ch hiperdistrófico	45	19	Franco-argilo-siltoso	1,20	1,2	0,16	18,5	5,2	9,68	0,17	3,37	9,85	18,3

Tabela 4. Quantidade da serapilheira encontrada na superfície das áreas avaliadas e o aporte de diversos elementos na serapilheira (valores em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Média das três parcelas (terço superior, médio e inferior). Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, PR.

Sistema	Biomassa	C	N	C:N	Ca	Mg	K	P
Kg ha^{-1}								
SAF 4	9.760	4.392	130,5	275,1	150,1	25,9	275,1	24,1
SAF 8	9.320	4.772	151,7	239,3	122,7	31,8	239,3	33,4
SAF 16	10.320	4.646	124,3	474,1	157,5	32,0	474,1	22,0
CAP 5	11.790	5.308	129,0	304,7	137,3	45,6	304,7	29,6
CAP 20	16.120	8.334	229,9	390,1	289,8	53,4	390,1	48,9
CAP >30	11.720	5.274	142,5	236,8	142,5	29,2	236,8	31,2

Coleta da Macrofauna do solo

A macrofauna do solo foi coletada na época de chuvas (março de 2008) e de secas (agosto de 2008), seguindo um protocolo ligeiramente modificado do padrão publicado pelo programa *Tropical Soil Biology and Fertility* (TSBF) da Unesco (ANDERSON; INGRAM, 1993). Em cada parcela se realizaram duas amostras de 25 cm x 25 cm até 20 cm de profundidade (N = 6 repetições por sistema). A serapilheira da superfície do solo foi retirada e revisada manualmente, e cada indivíduo da macrofauna encontrado foi colocado em frasco para transporte até o laboratório da *Embrapa Florestas*. Após a revisão da serapilheira, realizou-se a revisão manual do solo *in loco*, nas profundidades de 0 a 10 cm e 10 cm a 20 cm (Fig. 5). As minhocas foram preservadas em formol a 4 % e o resto da fauna em álcool a 70 %.

As amostras foram identificadas no laboratório, com o auxílio de uma lupa, e separadas em grupos taxonômicos principais, enumerados e pesados. Foi determinada a diversidade total (riqueza de grupos) em cada sistema e por amostra dentro de cada sistema.

Análise estatística

Os dados de abundância de cada táxon da fauna foram transformados e normalizados (quando necessário), e se realizou uma análise de variância (ANOVA) usando o programa Statistica v.7 (STATSOFT, 2004). Diferenças significativas entre os sistemas (SAF's e capoeiras) foram avaliadas usando o teste de Tukey, a 5 % de probabilidade. Para alguns táxons, realizaram-se regressões entre a idade da capoeira ou dos SAFs e a abundância e biomassa encontrada, para avaliarem suas relações. Os dados de solos e da serapilheira (juntos) e dos táxons da fauna encontrados em cada data de coleta foram submetidos a uma análise de componentes principais (ACP), visando explorar agrupamentos e fatores principais responsáveis pela variabilidade dos dados, e comparar as amostras e locais de coleta. As análises foram feitas com a fauna encontrada separadamente em cada data de coleta, mas também usando a média das duas datas, e os dados de alguns parâmetros químicos do solo e da serapilheira, como variáveis

ambientais explicativas passivas. Todas as análises multivariadas foram realizadas usando o programa CANOCO v.4.5 (BRAAK; SMILAUER, 2002).

Resultados

Primeira coleta – Macrofauna

Coletaram-se um total de 2.237 indivíduos da macrofauna do solo, pertencentes a 24 grupos (táxons). Destes, 898 indivíduos, pertencentes a 23 grupos, estavam nas capoeiras, e 1.339 indivíduos de 17 grupos estavam nos SAFs. A densidade total encontrada variou entre 707 (CAP < 30) e 2.154 (SAF 8) indivíduos por metro quadrado (indiv. m⁻²), mas não se encontraram diferenças significativas entre os valores de cada sistema (Tabela 5). Na média, os grupos mais abundantes nas amostras foram: formigas (34 % do total) e minhocas (28 % do total) (Fig. 6). Nos SAFs predominaram as formigas (32 % a 70 % do total), especialmente nos sistemas mais jovens (Fig. 6). A abundância de outros grupos como besouros (adultos e larvas), larvas de mosca, tatuzinhos e cupins, apesar de não representar uma alta porcentagem do total de indivíduos nas amostras (4 % a 11 %), foi importante nas capoeiras, chegando a alcançar um máximo de 10 %, 18 %, 21 % e 24 % do total, respectivamente, nesses sistemas (Fig. 6).

Tabela 5. Riqueza, equitabilidade, biomassa total e densidade total da macrofauna edáfica nas parcelas de SAFs e capoeiras (CAP) de diferentes idades. Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, SP, março de 2008. Não houve diferenças significativas nos valores encontrados entre os tratamentos para cada parâmetro.

Sistema	Riqueza (no. grupos)	Equitabilidade (grupos/ amostra)	Biomassa (g.m ⁻²)	Densidade (nº. indiv. m ⁻²)
CAP 5	15	7,3	111,9	1912
CAP 20	14	6,5	93,1	978
CAP > 30	17	7,3	31,3	707
SAF 4	11	6,3	26,8	1469
SAF 8	12	6,3	81,4	2154
SAF 16	13	5,2	120,6	995

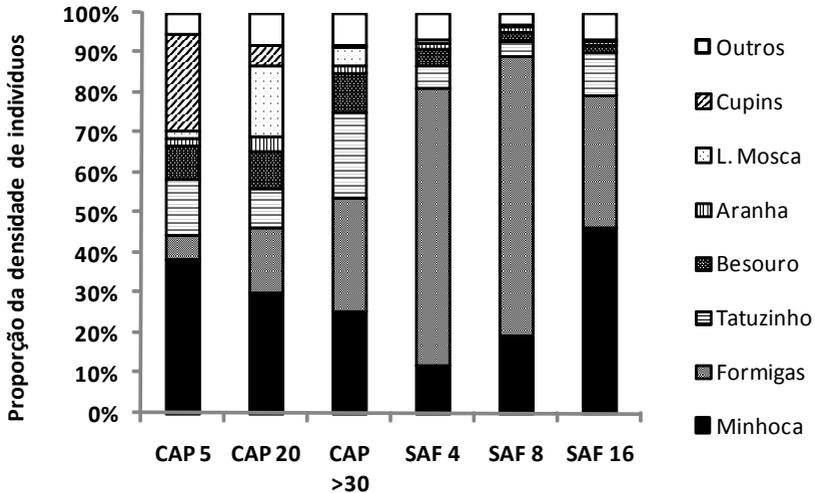


Fig. 6. Contribuição dos principais grupos da macrofauna edáfica ao total de indivíduos encontrados nas parcelas de SAFs e capoeiras (CAP) de diferentes idades. Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, SP, março de 2008.

Não se encontraram diferenças significativas entre os sistemas para a densidade da maior parte dos grupos identificados. Contudo, para besouros e milipéias, encontraram-se diferenças entre os sistemas (Tabela 6). Os besouros adultos foram significativamente mais abundantes na capoeira mais antiga (CAP > 30) que na mais nova (CAP 5). Ao contrário, a abundância de larvas de besouros foi significativamente maior na capoeira mais nova (CAP 5) que na capoeira velha (CAP > 30) e que no SAF mais antigo (SAF 16).

Tabela 6. Densidade de besouros (larvas e adultos) e milipéias nas parcelas de SAFs e capoeiras (CAP) de diferentes idades. Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, SP, março de 2008. Valores seguidos de letras diferentes na mesma coluna são estatisticamente diferentes, baseado no teste de Tukey, com $P < 0,05$.

Sistema	Densidade (nº. indiv. m⁻²)		
	Besouros adultos	Larvas de besouro	Milipéias
CAP 5	3b	160a	13ab
CAP 20	24ab	67ab	32ab
CAP > 30	59a	11b	5ab
SAF 4	37ab	29ab	64a
SAF 8	27ab	29ab	16ab
SAF 16	8ab	8b	0b

A biomassa da fauna variou entre aproximadamente 31 (CAP < 30) e > 100 g.m⁻² (SAF 16, CAP 5) apesar de não haver diferenças significativas entre os valores encontrados em cada sistema (Tabela 5). Houve uma clara tendência de maior biomassa nos SAFs mais antigos, e menor nas capoeiras mais antigas. Esses resultados se devem principalmente à biomassa das minhocas, que representou uma média de 81 % do total, variando entre 63 % e 97% (Fig. 7). O único grupo que teve alguma representatividade mais importante foi o das milipéias, alcançando até 20 % do total em alguns sistemas (Fig. 7).

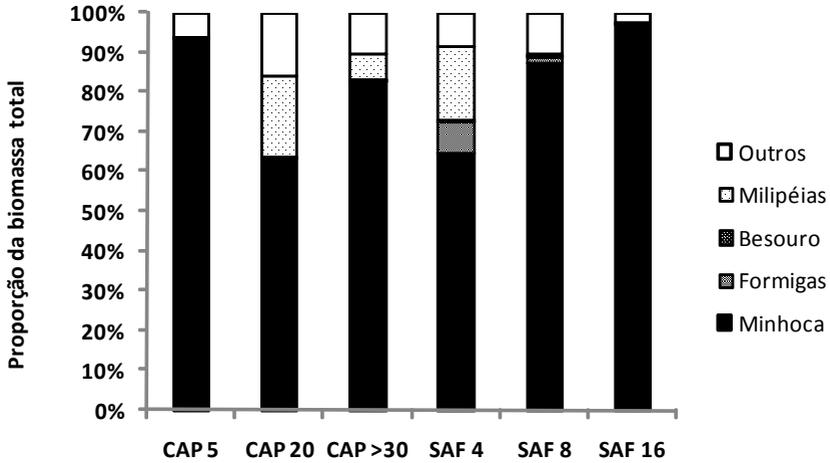


Fig. 7. Contribuição dos principais grupos da macrofauna edáfica à biomassa total de indivíduos encontrada nas parcelas de SAFs e capoeiras (CAP) de diferentes idades. Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, SP, março de 2008.

A riqueza alcançou um máximo de 17 grupos de táxons na capoeira mais antiga (CAP > 30) e um mínimo de 11 grupos no SAF mais jovem (SAF 4) (Tabela 5). Alguns grupos como os cupins, opiliões, grilos, caracóis, cigarras, diplura e larvas de mosca foram encontrados apenas nas capoeiras. Por outro lado, os percevejos (pragas de lavouras) foram encontrados apenas nos SAFs. O número médio de grupos encontrados em cada amostra não diferiu muito, variando entre 5,2 (SAF 16) e 7,3 (CAP 5, CAP > 30) grupos (Tabela 5). Houve uma clara tendência de maior número de grupos encontrados por amostra, nas capoeiras que nos SAFs.

Encontrou-se uma relação negativa entre a idade das capoeiras e a densidade de cupins ($R^2 = 0,90$, linear) e besouros (linear, $R^2 = 1,0$ para larvas e $R^2 = 0,96$ para adultos).

A análise de componentes principais (Fig. 8) apresentou uma boa separação das amostras de CAP 5, SAF 16 e SAF 4. Os demais

sistemas não tiveram boa separação, indicando comunidades de macrofauna edáficas mais parecidas. O eixo 1 (X) explicou 30 % e o eixo 2 (Y), 17 % da variância dos dados. No total (quatro eixos), 74 % da variância foi explicada pela ACP. O eixo 1 esteve relacionado principalmente com a abundância de cupins, centopéias, larvas de besouro e minhocas (e em menor grau, de tatuzinhos), em oposição à abundância de formigas e besouros adultos. O eixo 2 esteve relacionado principalmente com a abundância de milipéias, aranhas e larvas de mosca, em oposição à abundância da soma de uma série de outros invertebrados.

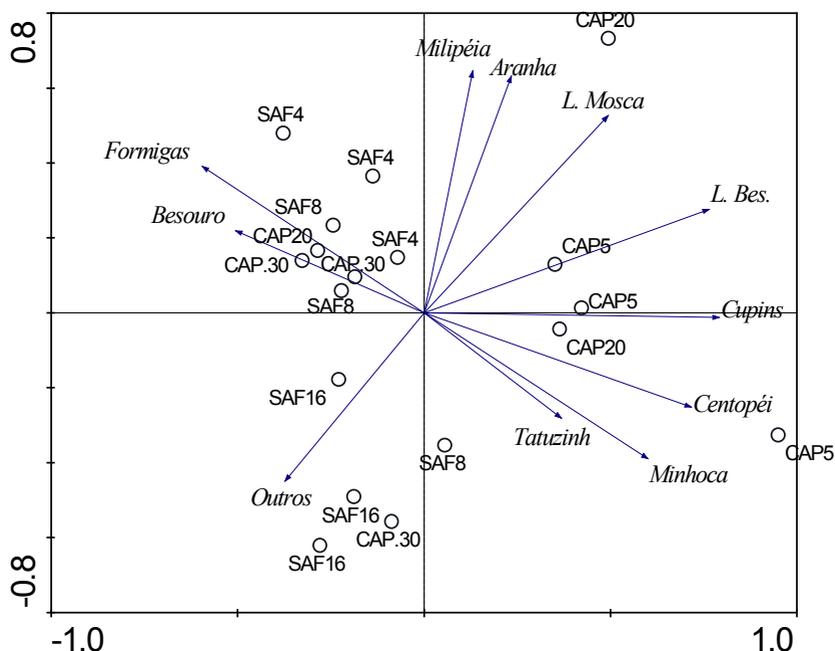


Fig. 8. Análise de componentes principais usando como variáveis de resposta (dependentes) os dados da densidade de indivíduos dos principais táxons encontrados nas parcelas de SAFs e capoeiras (CAP) de diferentes idades. Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, SP, março de 2008. L. = larva; Bes. = besouro; Outros = cigarra + barata + tesourinha + lesma + cupim + opilião + grilo + percevejo + crustáceo + cigarrinha + planária + pseudo-escorpião + larva de mariposa + diplura + caracol + sanguessuga

Segunda coleta – Macrofauna

Coletou-se um total de 1.856 indivíduos da macrofauna do solo, pertencentes a 27 grupos (táxons). Destes, 1.066 indivíduos, pertencentes a 20 grupos estavam nas capoeiras e 790 indivíduos, de 24 grupos, estavam nos SAFs. A densidade total encontrada variou entre 91 (CAP < 30) e 1.467 (CAP 5) indiv.m⁻², e foi significativamente maior nas capoeiras de 5 e 20 anos que na capoeira velha (> 30 anos) (Tabela 7). Assim como em março, os grupos mais abundantes nas amostras, na média, foram as formigas e as minhocas (ambas 30 % do total) (Fig. 9). Nas capoeiras mais jovens predominaram as formigas (aproximadamente 60 % do total), mas nos outros sistemas sua abundância foi menor que 25 %, sendo especialmente pequena na CAP > 30 e no SAF 4 (Fig. 9). A densidade de minhocas variou de 11 % (SAF 4) a 58 % do total (CAP > 30).

Tabela 7. Diversidade, equitabilidade, biomassa total e densidade total da macrofauna edáfica nas parcelas de SAFs e capoeiras (CAP) de diferentes idades. Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, SP, setembro de 2008. Valores seguidos de letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes, segundo o teste de Tukey, a $p < 0,05$.

Sistema	Riqueza (no. grupos)	Equitabilidade (grupos/amostra) ⁽¹⁾	Biomassa (g.m ⁻²) ⁽¹⁾	Densidade (nº. indiv. m ⁻²)
CAP 5	12ab	6,7	36,4	1467a
CAP 20	15ab	7,3	42,8	1285a
CAP > 30	11b	3,8	11,6	91b
SAF 4	16ab	8,2	14,1	867ab
SAF 8	20a	8,5	44,0	843ab
SAF 16	13ab	4,7	51,0	397ab

⁽¹⁾valores não diferiram estatisticamente com o teste de Tukey.

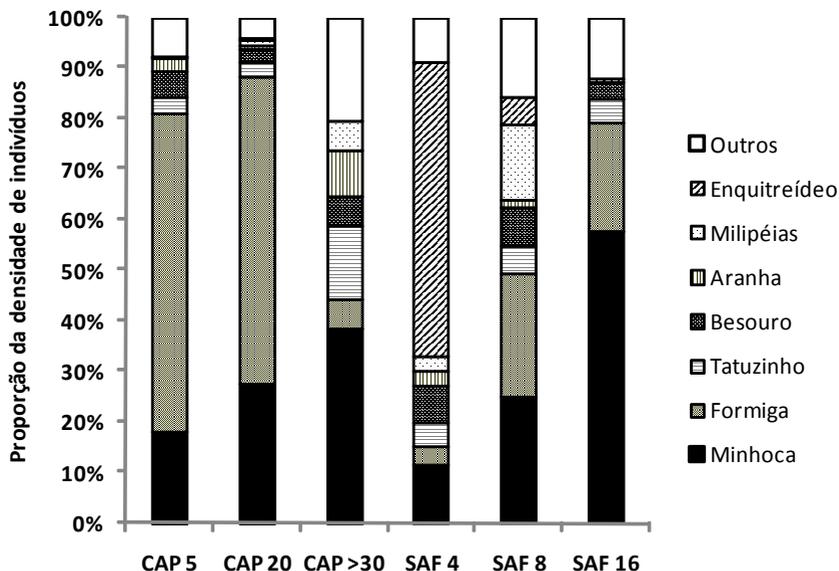


Fig. 9. Contribuição dos principais grupos da macrofauna edáfica ao total de indivíduos encontrados nas parcelas de SAFs e capoeiras (CAP) de diferentes idades. Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, SP, setembro de 2008.

A abundância dos demais grupos foi pequena e apenas os enquitreídeos, tatuzinhos e milipéias chegaram a representar abundância importante em algumas parcelas, alcançando 58 % (SAF 4), 15 % (CAP > 30) e 15 % (SAF 8) do total, respectivamente (Fig. 9). Contudo, devido à alta variabilidade dos dados, não se encontraram diferenças significativas entre os sistemas para a densidade de nenhum dos grupos identificados.

A biomassa da fauna variou aproximadamente entre 12 g.m⁻² (CAP < 30) e 51 g.m⁻² (SAF 16), apesar de não haver diferenças significativas entre os valores encontrados em cada sistema (Tabela 7). Contudo, assim como observado em março, houve uma clara tendência de maior biomassa nos SAFs mais antigos, e menor na capoeira mais velha. Mais uma vez, esses resultados se devem principalmente à biomassa das minhocas, que representou uma média de 83 % do total,

variando entre 47 % e 96 % (Fig. 10). O único grupo que teve alguma representatividade mais importante foi o das milipéias, alcançando 8 % do total média, com valores de 0 (CAP 5) a 41 % (CAP >30) do total em alguns sistemas (Fig. 10).

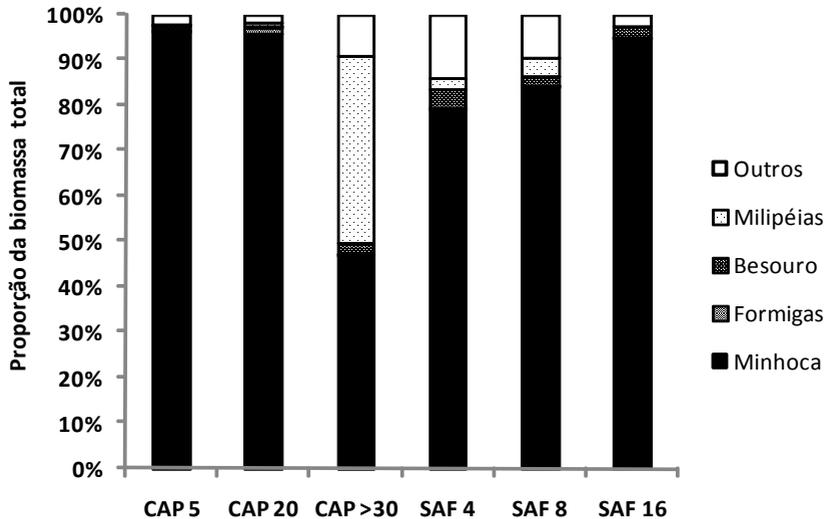


Fig. 10. Contribuição dos principais grupos da macrofauna edáfica à biomassa total de indivíduos encontrada nas parcelas de SAFs e capoeiras (CAP) de diferentes idades. Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, SP, setembro de 2008.

Contudo, ao contrário do observado em março, a riqueza alcançou um máximo de 16 grupos de táxons no SAF mais jovem (SAF 4) e apenas 11 grupos na capoeira mais antiga (CAP >30) (Tabela 7). Alguns grupos como as lesmas, as cigarrinhas, as larvas de mosca, os caracóis, os opiliões e os nematóides Mermithidae (entomopatogênicos) foram encontrados apenas nos SAFs. Por outro lado, os percevejos (pragas de lavouras), larvas de mariposa e diplura foram encontrados apenas nas capoeiras. O número médio de grupos encontrados em cada amostra diferiu muito mais do que em março, variando entre 3,8 (CAP >30) e 8,5 (SAF 8) grupos (Tabela 7). Apesar de não haver diferenças significativas entre os sistemas. Houve uma clara tendência de maior número de grupos encontrados por amostra, nos SAFs mais novos que nas capoeiras.

A idade das capoeiras teve um efeito negativo sobre a densidade de formigas ($R^2 = 0,77$, linear), tatuzinhos ($R^2 = 0,89$, linear) e besouros ($R^2 = 1,0$, linear), que tiveram menor presença na CAP > 30.

A análise de componentes principais (Fig. 11) apresentou uma separação apenas razoável das amostras de cada sistema, isolando apenas a CAP > 30 dos demais sistemas. Todos os grupos avaliados tiveram uma forte associação com o eixo 1, no sentido positivo, indicando uma clara diferença na abundância da fauna do CAP > 30 com os demais sistemas. O eixo 1 explicou 40 % e o eixo 2, 20 % da variância dos dados. No total (quatro eixos), 82 % da variância foi explicada pela ACP. O eixo 1 esteve relacionado principalmente com a abundância de besouros adultos, tatuzinhos, a soma dos outros organismos, minhocas e centopéias. O eixo 2 esteve relacionado principalmente com a abundância de milipéias, enquitreídeos e formigas. Isso porque as formigas dominaram no CAP 5 e os enquitreídeos no SAF 4.

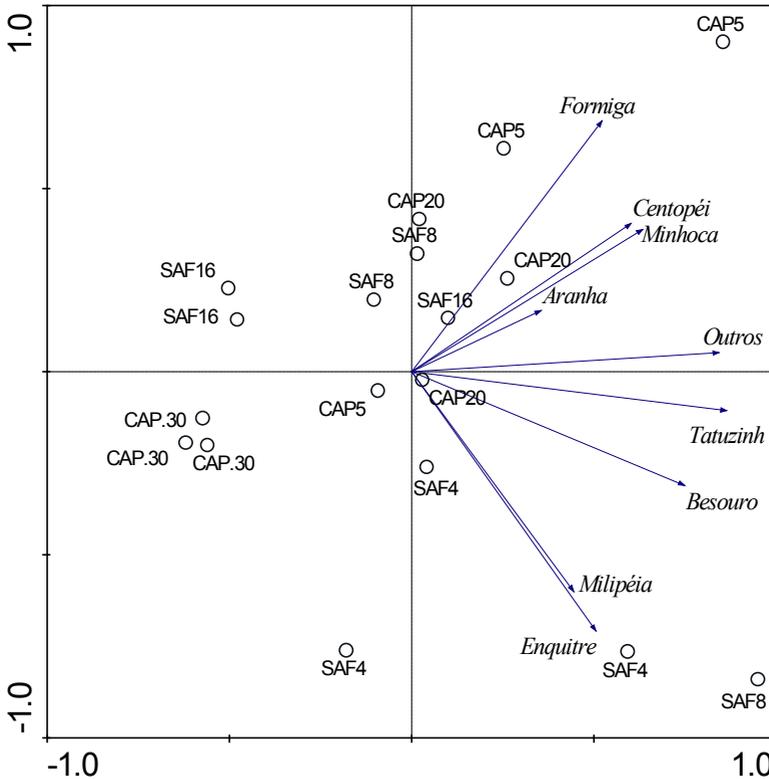


Fig. 11. Análise de componentes principais usando como variáveis de resposta (dependentes) os dados da densidade de indivíduos dos principais táxons encontrados nas parcelas de SAFs e capoeiras (CAP) de diferentes idades. Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, SP, setembro de 2008.

Diversidade, densidade e biomassa de minhocas

Na primeira coleta, realizada em março de 2008, encontraram-se somente duas espécies: *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857) e *Amyntas gracilis* (Kinberg, 1867) (Tabela 8) (Fig. 12). A abundância total de minhocas variou de aproximadamente 180 (CAP > 30 e SAF 4) a 731 indiv. (CAP 5) m⁻² (Fig. 13). Já a biomassa total de minhocas encontradas variou de 17,3 g.m⁻² (SAF 4) a > 100 (SAF 16, CAP 5) g.m⁻², e foi significativamente maior na CAP 5 que na CAP 20, CAP > 30 e SAF 4 (Fig. 14).

Tabela 8. Presença (1) ou ausência (0) das diferentes espécies de minhocas nas duas épocas de coleta, e diversidade total de espécies encontradas nas parcelas de SAFs e capoeiras (CAP) de diferentes idades.

Espécies	SAF 4	SAF 8	SAF 16	CAP 5	CAP 20	CAP >30
1ª coleta						
<i>P. corethrurus</i>	1	1	1	1	1	1
<i>A. gracilis</i>	1	0	1	1	1	1
2ª coleta						
<i>P. corethrurus</i>	1	1	1	1	1	1
<i>A. gracilis</i>	1	1	1	1	1	0
<i>Dichogaster</i> sp.1	0	0	0	0	1	1
<i>Dichogaster</i> sp.2	1	0	0	0	0	0
Nº. espécies total	3	2	2	2	3	3



Fotos: George Gardner Brown.

Fig. 12. *Amyntas gracilis* (Kinberg, 1867), espécie de minhoca exótica, vulgarmente chamada de minhoca “louca” ou “puladeira” (esquerda), que vive em solos com maior teor de matéria orgânica e serapilheira. *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857), a minhoca “mansa”, espécie nativa ao Brasil, mas peregrina (importada) para região (direita). Estas duas espécies são as minhocas mais conhecidas no País.

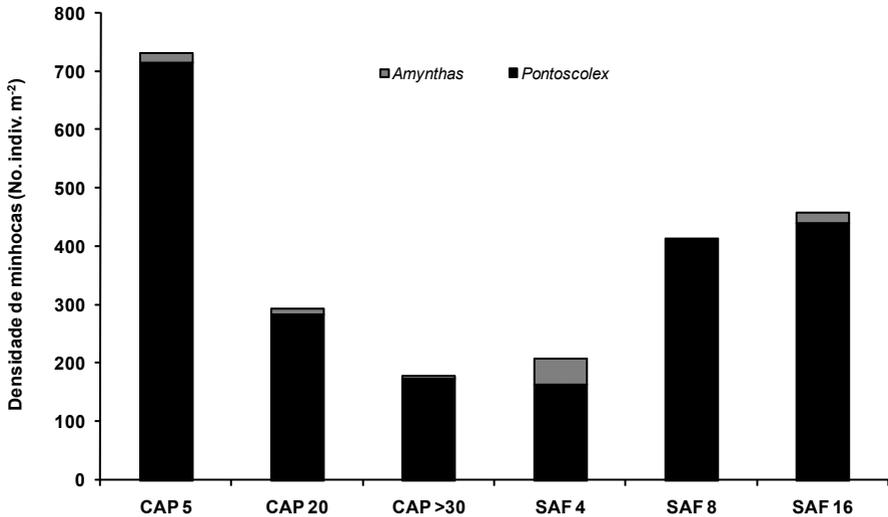


Fig. 13. Densidade (número de indiv.m⁻²) de minhocas nas parcelas de SAFs e capoeiras (CAP) de diferentes idades. Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, SP, março de 2008.

Pontoscolex corethrurus foi a espécie mais abundante, com densidades variando de 163 (SAF 4) a 715 indiv. (CAP 5) m⁻² (Fig. 14). Sua biomassa variou entre 3,8 a 47,9 g.m⁻² nos mesmos tratamentos (Fig. 14). Portanto, essa espécie representou 93 a 100% do total de indivíduos encontrados e de 77 a 94% do total da biomassa de minhocas coletadas. Em contrapartida, a densidade de *A. gracilis* variou entre 0 (SAF 8) e 45 (SAF 4) indiv. m⁻², e sua biomassa de 0 a 10,5 g. m⁻².

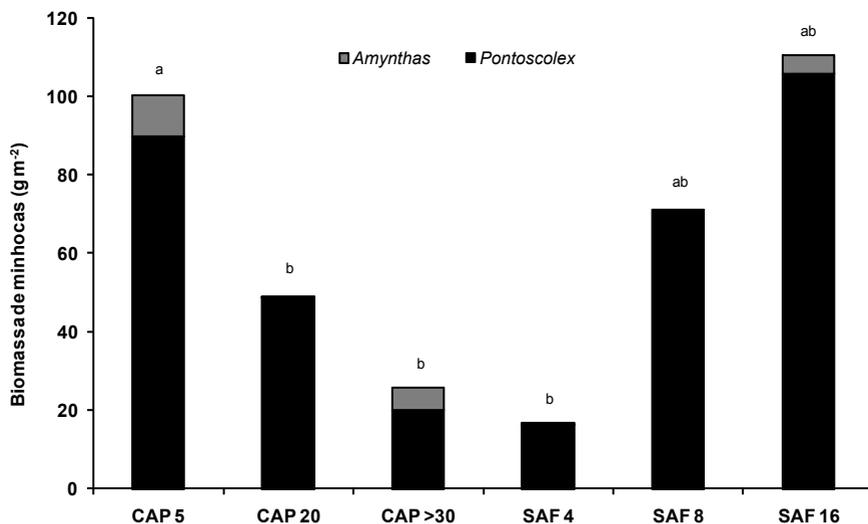


Fig. 14. Biomassa (g.m^{-2}) de minhocas nas parcelas de SAFs e capoeiras (CAP) de diferentes idades. Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, SP, março de 2008. Barras com letras diferentes acima da barra indicam diferenças significativas conforme teste de Tukey, a $P < 0,05$.

Houve uma clara tendência de aumento de densidade total de minhocas (especialmente da espécie *P. corethrus*) com a idade do SAF (regressão linear; $R^2 = 0,66$). Já nas capoeiras, aconteceu o inverso, havendo uma diminuição significativa na densidade de minhocas, tanto de *P. corethrus* ($R^2 = 0,96$) quanto de *A. gracilis* ($R^2 = 0,99$), conforme aumento da idade da capoeira. Portanto, com o amadurecimento da floresta secundária, houve uma diminuição na população destas espécies

Na segunda coleta, encontraram-se quatro espécies (Tabela 8): *P. corethrus*, *A. gracilis* e duas espécies não identificáveis do gênero *Dichogaster*, gênero de minhoca epigêica (que vive e se alimenta na superfície do solo) frequentemente encontrado em áreas perturbadas (BROWN et al., 2006b).

A densidade total variou de 96 (CAP >30) a >250 indiv.m⁻² (CAP 5, CAP 20), sendo que houve diferença significativa entre a abundância na CAP >30 e na CAP 20 (Fig. 15). Os indivíduos encontrados eram principalmente da espécie *P. corethrus*, que representou 61 % (SAF 8) a 98 % (CAP 5) do total de indivíduos encontrados, exceto no SAF 4, onde a espécie *A. gracilis* representou 69 % dos indivíduos (Fig. 15). Portanto, nessa data de coleta, os SAFs se mostraram mais propícios para a atividade de *A. gracilis* em relação a *P. corethrus*, ao contrário do que havia sido observado na primeira coleta.

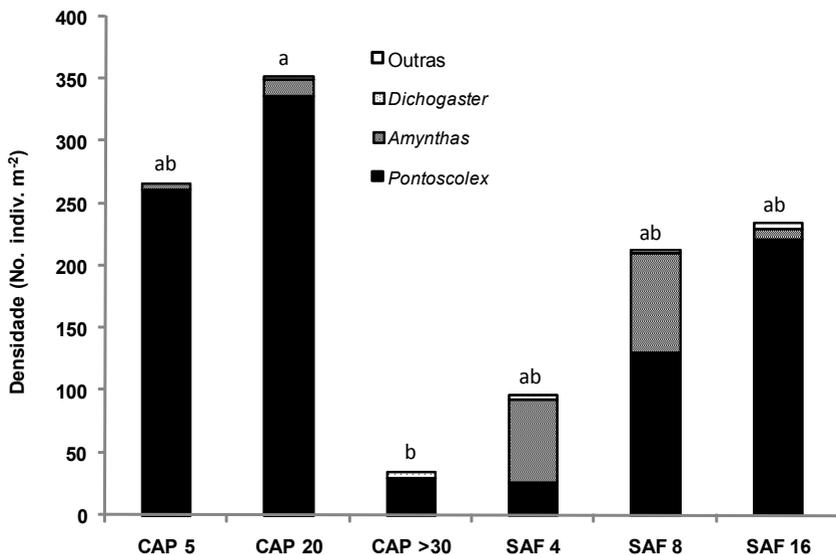


Fig. 15. Densidade (nº indiv.m⁻²) de minhocas nas parcelas de SAFs e capoeiras (CAP) de diferentes idades. Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, SP, setembro de 2008. Barras com letras diferentes acima da barra indicam diferenças significativas conforme teste de Tukey, a $P < 0,05$.

Houve uma clara e significativa relação positiva entre a idade dos SAFs e a abundância e biomassa de *P. corethrus* ($R^2 = 1,00$ para ambos os parâmetros) e total de minhocas ($R^2 = 0,86$ para abundância e $0,95$ para biomassa).

A biomassa total de minhocas encontradas variou de 5,5 (CAP >30) a 48,5 (SAF 16) g.m^{-2} , não havendo diferenças significativas entre os tratamentos. Mais uma vez, *P. corethrurus* dominou a biomassa na maior parte dos tratamentos (66 % a quase 100 %), exceto no SAF 8, onde *A. gracilis* representou 65 % do peso total das minhocas (Fig. 16).

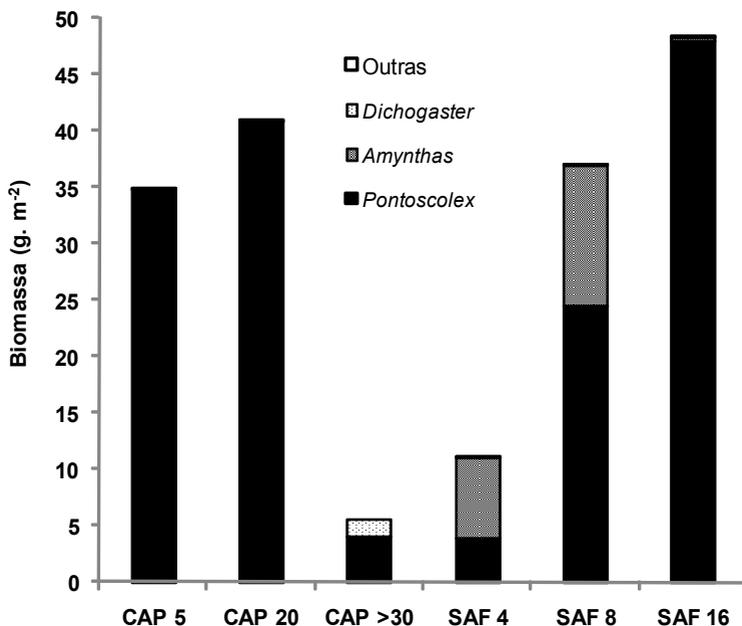


Fig. 16. Biomassa (g.m^{-2}) de minhocas nas parcelas de SAFs e capoeiras (CAP) de diferentes idades. Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, SP, setembro de 2008.

Relação da fauna e dos sistemas com as propriedades do solo

A análise de componente principal, realizada com os sistemas e as propriedades do solo e da serapilheira (Fig. 17), mostrou que a capoeira mais antiga estava associada a solos mais argilosos e com acidez intercambiável maior. O eixo 1, responsável por 42 % da variabilidade explicada, esteve relacionado principalmente com a textura do solo e acidez intercambiável, em oposição ao teor de pH e a concentração de

de bases, especialmente teores de Ca. A análise também revelou algumas associações de grupos a parâmetros específicos do solo e da serapilheira. Por exemplo, os cupins, as minhocas e as centopéias estiveram associadas à quantidade de liteira presente nos sistemas; as formigas, tatuzinhos, larvas de besouro, aranhas e outros ao teor de areia e de P no solo; e a presença de enquitreídeos, besouros e milipéias, principalmente a solos com maior pH, teor de Ca, e saturação de bases.

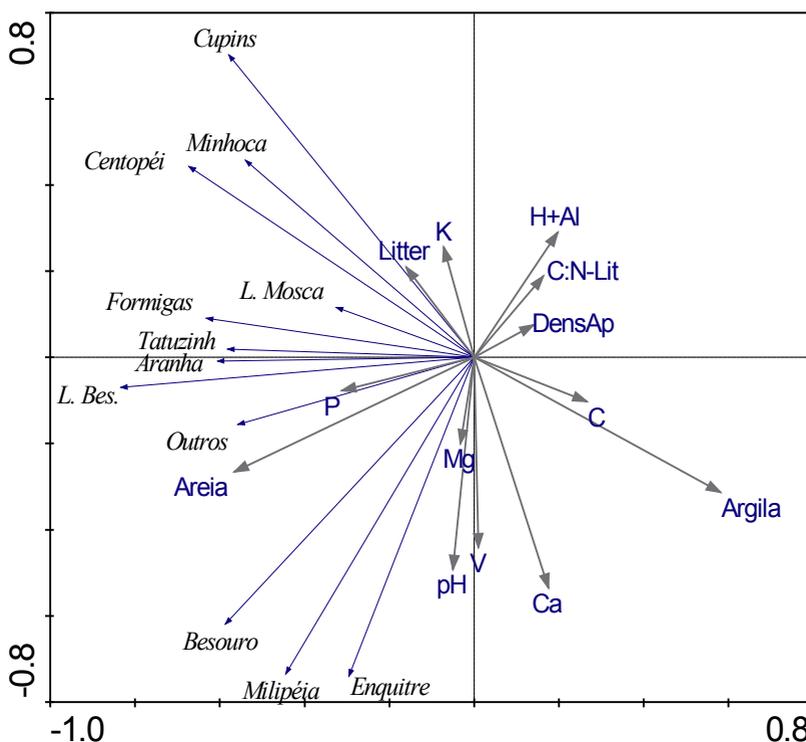


Fig. 18. Análise de componentes principais usando a média dos táxons encontrados nos SAFs e nas capoeiras (CAP) de diferentes idades (média das duas épocas de coleta), como variáveis de resposta (dependentes), e as propriedades do solo e da serapilheira como variáveis explicativas passivas.

Discussão

A abundância da fauna encontrada nos SAFs em questão está dentro dos intervalos de densidade e biomassa já descritos para outras áreas do País (AQUINO et al., 2008), e para alguns SAFs na Amazônia (BARROS et al., 2002, 2003, 2006). Igualmente, a abundância esteve dentro dos valores encontrados em floresta atlântica em diferentes estágios de regeneração (CORREIA et al., 2003). A fauna do solo normalmente é mais facilmente encontrada e mais abundante na época de chuvas que na época seca (BROWN et al., 2003), ainda que na região avaliada essas diferenças não foram tão marcantes, provavelmente pelo ano em questão (2008) não apresentar período longo de estiagem nos meses de menor precipitação (geralmente maio a setembro). Mesmo assim, na média, encontraram-se menos indivíduos em setembro que em março, e o menor número de organismos encontrado (97 indiv. m⁻²) foi na segunda coleta. Os animais mais sensíveis a diminuições na precipitação e concomitante redução na umidade do solo, como as minhocas, são menos abundantes na época de menor precipitação. No presente estudo, houve uma clara diminuição na abundância das minhocas entre as duas épocas. O maior número de minhocas encontrado (acima de 700 indiv.m⁻²) foi em março (CAP 5), e o menor (35 indiv.m⁻²) em setembro (CAP >30).

Encontraram-se poucas diferenças na abundância e na biomassa dos táxons observados, entre os diferentes sistemas, em cada época de coleta. Contudo, houve uma clara tendência de menor densidade de indivíduos na CAP >30 e SAF 16, e maior biomassa nos SAFs mais antigos, e menor na capoeira mais velha. Para alguns grupos, especialmente as minhocas, besouros e milipéias, encontraram-se diferenças significativas entre os sistemas, em algumas coletas.

Frequentemente, os insetos sociais como os cupins e as formigas, que criam ninhos (formigueiros e cupinzeiros), predominam nas amostras coletadas usando o método TSBF (CORREIA et al., 2003), apesar de este não ser ideal para a coleta desses animais. Para uma melhor

avaliação da diversidade e da população destes organismos, devem ser usados outros métodos mais específicos (BIGNELL et al., 2008). No presente caso, as formigas e as minhocas predominaram em termos de densidade de indivíduos coletados; a presença dos cupins foi importante apenas na CAP 5.

A dominância das minhocas em termos de biomassa da fauna é bastante comum, sendo que esses organismos, apesar de não representarem, frequentemente, parte importante da densidade total da fauna, por terem peso individual bastante alto, geralmente representam uma grande proporção da biomassa total (LAVELLE et al., 1994). No atual estudo, as minhocas predominaram em termos da biomassa da macrofauna em todos os locais avaliados, tanto nos SAFs quanto nas capoeiras.

Outro organismo com biomassa importante em amostras de fauna do solo, frequentemente encontrado na serapilheira, especialmente em florestas, são as milipéias, também conhecidas como gongôlos ou piolhos de cobra. Esses animais são importantes fragmentadores da serapilheira, e produzem bolas fecais estáveis com alto teor de matéria orgânica, que funcionam como um rúmen externo, sendo reingeridas pelos mesmos diplópodes ou por outros organismos, como as minhocas (CORREIA; AQUINO, 2005). Algumas espécies são pragas, mas a maior parte das milipéias atua de forma benéfica nos ecossistemas, contribuindo em grande maneira para a decomposição da liteira e a ciclagem de nutrientes. No presente estudo, as milipéias contribuíram para a biomassa da fauna do solo, especialmente na capoeira mais antiga, na segunda coleta (setembro). Os tatuzinhos, outro grupo fragmentador da liteira, e importante para a ciclagem de nutrientes, também teve representação importante nas capoeiras, especialmente na primeira coleta.

De todos os outros organismos da fauna do solo encontrados, somente os enquitreídeos, pequenos oligoquetos brancos, chegaram a representar uma proporção importante da densidade de indivíduos coletados em algumas amostras. Apesar de serem normalmente

consideradas parte da mesofauna e não da macrofauna, algumas espécies da família Enchytraeidae podem alcançar vários cm de comprimento, e serem facilmente vistos e coletados em amostras de TSBF (SILVA et al., 2006). Esses oligoquetos saprófitos são bastante comuns em amostras de solo na Região Sul do País, especialmente em áreas com clima mais fresco (Cfb, Köppen). A presença de grande número de enquitreídeos no SAF 4 pode ser um indicador do nível de perturbação deste sistema, já que esses organismos são mais resistentes à perturbação do que as minhocas, e tendem a ser bastante frequentes em áreas com preparo convencional e aração do solo (BROWN et al., 2003, 2008).

A presença de oligoquetas (especialmente minhocas) como componente importante de SAFs tem sido documentada em diversos locais do País, tanto na região Amazônica, quanto na Mata Atlântica (BROWN et al., 2006a; BROWN; JAMES, 2007; AQUINO et al., 2008; BARTZ et al., 2009). A alta densidade e biomassa de minhocas peregrinas (*P. corethrus*) e exóticas (*Amyntas*, *Dichogaster*), tanto nos SAFs quanto nas capoeiras do presente estudo, confirmam o histórico e o nível de perturbação antrópica da região (BROWN et al., 2006b). A presença de grandes populações dessas espécies tem sido já observada em alguns ecossistemas derivados da Mata Atlântica, especialmente áreas com influência antrópica (BROWN; JAMES, 2007). Porém, essa é a primeira vez que *P. corethrus* é encontrada em tão alta densidade em SAFs.

A. gracilis é bem conhecida por seu comportamento vivaz quando manuseada, pulando e se mexendo muito, gerando o nome comum “minhoca louca” ou “puladeira”. É uma espécie mais comum em solos com maior teor de matéria orgânica e em climas mais amenos. Sua presença em SAFs na região de Lerroville já havia sido relatada por Bartz et al. (2009), mas em menor abundância. Na região do presente estudo, sua presença certamente se deve à proteção do solo e teor de matéria orgânica, já que essa espécie é mais rara em solos perturbados e mais pobres em C, típicos de agroecossistemas de clima tropical (BROWN et al., 2006b).

P. corethrurus é conhecida por ser muito tranquila quando coletada e por isso leva o nome comum “minhoca mansa”. Essa espécie já era bastante comum há mais de 150 anos na região costeira de Santa Catarina, quando o naturalista Fritz Müller a descreveu (MÜLLER, 1857), dizendo: “a minhoca mansa, a mais comum das minhocas neste país (Brasil)”,.... “pode ser encontrada em quase todo torrão de solo cultivável...”. Sua presença na região de estudo era prevista, considerando sua ampla distribuição nos estados do Paraná (SAUTTER et al., 2006) e São Paulo (BROWN; JAMES, 2006).

A atividade das minhocas é considerada benéfica ao solo e às plantas (BROWN et al., 1999), e sua presença em altos números nos SAFs da região pode significar que elas estejam influenciando de forma positiva o solo e o crescimento das plantas cultivadas nos SAFs locais. Esse é um dos serviços do ecossistema desses engenheiros do solo, frequentemente desconsiderado pela sociedade (DECÄENS et al., 2006), e que deve ser melhor avaliado, especialmente em sistemas perenes de produção, incluindo proteção do solo e adições de matéria orgânica frequentes, como são os SAFs.

A regeneração da floresta secundária na mata atlântica envolve um complexo processo de sucessão de espécies pioneiras, seguida de espécies intermediárias e posteriormente de espécies tardias, cuja velocidade de colonização depende de diversos fatores, entre os quais, os principais são a fertilidade do solo e a presença de ou a proximidade a fontes de germoplasma. Durante o processo, ocorrem mudanças importantes no solo e sua fertilidade, e na quantidade e qualidade da serapilheira, além de mudanças importantes na flora e na fauna associada à floresta (CORREIA et al., 2003). Nesse sentido, normalmente espera-se que, à medida que um fragmento de mata secundária envelheça, haja um maior número de espécies vegetais e, concomitantemente, de animais. No presente caso, não se observaram diferenças significativas no número de espécies de minhocas ou na riqueza de grupos da macrofauna edáfica encontrados nas capoeiras de diferentes idades. Contudo, a riqueza de grupos não é o melhor parâmetro para comparar a diversidade entre ecossistemas, sendo o

número de espécies, uma melhor medida. Não obstante, a dificuldade de identificação em nível específico de um grande número diferente de táxons dificulta e praticamente impossibilita essa forma de comparação. Às vezes, mesmo assim, podem ser observadas diferenças entre ecossistemas (CORREIA et al., 2003), e isso pode ser grandemente facilitado com um aumento no número de repetições das amostras e dos ecossistemas amostrados (ROSSI et al., 2006).

Apesar de não haver diferenças na diversidade dos táxons encontrados, houve um efeito negativo da idade das capoeiras na abundância de alguns grupos, especialmente cupins, formigas, tatuzinhos, besouros e minhocas. Para as minhocas, houve, ao contrário, um efeito positivo da idade dos SAFs sobre a densidade e biomassa total de indivíduos. As razões para esse fenômeno ainda não estão bem esclarecidas, mas podem estar associadas a mudanças ocorridas com o passar do tempo na estrutura vegetal, tanto nos SAFs quanto nas capoeiras e, com isso, na quantidade e qualidade da serapilheira. Nos SAFs, essas mudanças também podem ser afetadas pelo manejo, especialmente a calagem, a poda de árvores, a colheita e a escolha e o arranjo de diferentes plantas que compõem o sistema. Essas características eventualmente se refletem no solo, seu teor de matéria orgânica e de outros nutrientes essenciais para as plantas e a fauna do solo (CORREIA et al., 2003).

Nas áreas de regeneração mais antiga (CAP > 30), a ciclagem biogeoquímica, com a entrada de matéria orgânica na forma de material vegetal (e animal) morto, foi a única forma de entrada de nutrientes, no sistema. Os ácidos húmicos e fúlvicos provenientes da alta taxa de decomposição da matéria orgânica diminuem o pH, aumentando os teores de Al trocável na solução do solo. Já os menores teores de Ca e Mg, associados à CAP > 30, ocorreram possivelmente pela imobilização destes nutrientes na biomassa vegetal (especialmente em troncos e galhos que possuem ciclagem demorada, e apresentam elevados teores destes nutrientes), sendo essa biomassa, e não o solo, o principal compartimento de reserva (HAAG, 1985). Contudo, para melhor entender esse processo, é necessário realizar um maior número

de coletas na região, em um maior número de fragmentos de mata nativa em regeneração, e em outros SAFs, para determinar se esses fenômenos são generalizados, e suas prováveis razões.

Ecosistemas com maior proteção superficial e aportes maiores de recursos orgânicos tendem a ter maiores populações da fauna edáfica (LAVELLE et al., 2001). Contudo, não houve relação direta entre os aportes de liteira pelos diferentes ecossistemas no presente estudo e a densidade da macrofauna encontrada. Não obstante, presume-se que a presença de árvores em SAFs altera o microclima e as propriedades químicas do solo e da liteira e, conseqüentemente, as condições de vida para a fauna edáfica. Portanto, o sombreamento, o enraizamento e a quantidade e qualidade da liteira produzida num SAF estão entre os principais fatores controladores das populações da fauna edáfica (TIAN et al., 1995; VOHLAND; SCHROTH, 1999; MARTIUS et al., 2004). Assim, a escolha das árvores e dos cultivos num SAF pode influenciar as propriedades e a dinâmica espaço-temporal da deposição de liteira, sua qualidade, a cobertura do solo, a sombra e a evapotranspiração no sistema. Esses fatores, que mudam conforme o tipo de SAF avaliado no presente estudo, podem ajudar a explicar algumas das diferenças encontradas, especialmente na abundância e biomassa de minhocas, animais amplamente influenciados por pequenas alterações nas condições edáficas, especialmente temperatura, pH e umidade (EDWARDS; BOHLEN, 1996).

A provisão de alimento, especialmente a qualidade e quantidade de liteira é essencial para a manutenção de uma diversificada comunidade edáfica (LAVELLE; SPAIN, 2001). SAFs tendem a favorecer o aparecimento de animais epigêicos e detritívoros, como os micro e macroartrópodes, além de pequenas minhocas epigêicas e cupins, e predadores como as escolopendras (centopéias) e os aracnídeos (aranhas, opiliões). No presente estudo, todos os SAFs acolheram esses animais (incluindo as minhocas epigêicas do gênero *Dichogaster*), ainda que os cupins estivessem mais frequentes nas capoeiras que nos SAFs.

Vohland e Schroth (1999) e Lavelle et al. (2001; 2003) calcularam que uma comunidade ativa de macroinvertebrados do solo precisaria ao redor de 3 a 6 t.ha⁻¹.yr⁻¹ de serapilheira, e 2 t.ha⁻¹.yr⁻¹ de matéria orgânica assimilável para manter sua atividade e populações. Nos sistemas avaliados, essas quantidades estão disponíveis, tanto nos SAFs quanto nas capoeiras (Tabela 4), e alguns organismos como os cupins, as minhocas e as centopéias estiveram associadas a maior quantidade de liteira. Contudo, a qualidade da liteira não esteve bem correlacionada com nenhum táxon. Porém, considerando que as preferências alimentares e as eficiências de assimilação são vastamente diferentes entre os animais edáficos, a relação dos táxons e da fauna edáfica com a quantidade e qualidade da liteira presente ainda deve ser mais bem avaliada (LAVELLE et al., 2003).

Considerações Finais

A maior parte dos estudos sobre a fauna do solo em SAFs no Brasil foi realizada na Amazônia, portanto, ainda são necessários mais trabalhos sobre o tema em outras regiões brasileiras, especialmente na Mata Atlântica, onde a adoção de SAFs vem crescendo devido às novas leis e controles sobre o uso do solo nesse bioma.

A fauna do solo é um recurso biológico que pode ser manejado em SAFs, especialmente as populações de minhocas. Esses animais podem ser usados como indicadores da saúde do sistema e são importantes para a manutenção da fertilidade do solo e da produtividade vegetal. Uma comunidade diversificada da fauna do solo pode reduzir problemas com pragas e doenças (LAVELLE et al., 2004), e sua atividade cria e mantém a estrutura do solo (BARROS et al., 2004), regula a decomposição da matéria orgânica e a mineralização de nutrientes, e pode, em longo prazo, influenciar a reciclagem e proteção da matéria orgânica (LAVELLE et al., 2003). Técnicas de manejo adequadas, portanto, especialmente aquelas que protegem, preservam e melhoram a liteira (qualidade e quantidade), protegem a integridade física do

solo, minimizam o uso de insumos externos sintéticos (especialmente agrotóxicos), e melhoram os recursos orgânicos do solo, serão as mais interessantes para promover as atividades de uma diversificada comunidade da fauna edáfica, promovendo seus benefícios ao solo e serviços aos ecossistemas.

Agradecimentos

Os autores agradecem à AOPA, à Cooperafloresta, Nelson Eduardo Correa Netto e Lucilene Vanessa Andrade (Barra do Turvo, SP), Willnatã Maschio, Henrique Nadolny Hertel, aos colegas da Embrapa Wilson Maschio, Irineu Antonio Olinisky, Roberto Carletto, Amilton J. Baggio, Luziane Franciscon, e aos agricultores da região (Sidnei, Cláudio, Nelma, Sezefredo, Luis Portella) por permitirem realizar o trabalho nas suas propriedades. Esse trabalho foi financiado pela Petrobrás Ambiental, através do Projeto Iguatu 2. George G. Brown também recebeu apoio do CNPq (Bolsa produtividade).

Referências

AQUINO, A. M.; CORREIA, M. E. F.; ALVES, M. V. Diversidade da macrofauna edáfica no Brasil. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: UFLA, 2008. p. 143-170.

ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. 2nd ed. Oxford: CABI, 1993. 221 p.

BARROS, E.; PASHANASI, B.; CONSTANTINO, R.; LAVELLE, P. Effects of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia. **Biology and Fertility of Soils**, v. 35, p. 338-347, 2002.

BARROS, E.; NEVES, A.; BLANCHART, E.; FERNANDES, E. C. M.; WANDELLI, E.; LAVELLE, P. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. **Pedobiologia**, v. 47, p. 273-280, 2003.

BARROS, E.; GRIMALDI, M.; SARRAZIN, M.; CHAUVEL, A.; MITJA, D.; DESJARDINS, T.; LAVELLE, P. Soil physical degradation and changes in macrofaunal communities in Central Amazonia. **Applied Soil Ecology**, v. 26, p. 157-168, 2004.

BARROS, E.; MATHIEU, J.; TAPIA-CORAL, S.; NASCIMENTO, A. R. L.; LAVELLE, P. Soil macrofauna communities in Brazilian Amazonia. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems**. Wallingford: CABI, 2006. p. 43-55.

BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; PASINI, A.; FERNANDES, J. O.; CURMI, P.; DORIOZ, J.; RALISCH, R. Earthworm communities in organic and conventional coffee cultivation. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 8, p. 928-933, 2009.

BIGNELL, D. E.; CONSTANTINO, R.; CZUDI, C.; KARYANTO, A.; KONATÉ, S.; LOUZADA, J.; SUSILO, F.-X.; TONDOH, J. E.; ZANETTI, R. Macrofauna. In: MOREIRA, F. M. S.; HUISING, E. J.; BIGNELL, D. E. (Ed.). **A handbook of tropical soil biology: sampling and characterization of below-ground biodiversity**. London: Earthscan, 2008. p. 43-75.

BRAAK, C. J. F. ter; SMILAUER, P. **CANOCO reference manual and canodraw for windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5)**. Ithaca: Microcomputer Power, 2002. 500 p.

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. Earthworm biodiversity in São Paulo State, Brazil. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. S145-S149, 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.; FRAGOSO, C.; BAROIS, I.; ROJAS, P.; PATRÓN, J. C.; BUENO, J.; MORENO, A. G.; LAVELLE, P.; ORDAZ, V.; RODRÍGUEZ, C. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. **Acta Zoológica Mexicana** (nueva serie), n. especial 1, p. 79-110, 2001.

BROWN, G. G.; PASINI, A.; BENITO, N. P.; DE AQUINO, A. M.; CORREIA, M. E. F. Diversity and functional role of soil macrofauna communities in Brazilian no-tillage agroecosystems. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM MANAGING BIODIVERSITY IN AGRICULTURAL ECOSYSTEMS, 2001, Montreal. **Proceedings**. Tokio: United Nations University, 2001. 1 CD-ROM.

BROWN, G. G.; BRANDÃO JÚNIOR, O.; SARIDAKIS, G. P.; BENITO, N. P.; ALBERTON, O.; TORRES, E. Efeito de diferentes preparos do solo na macrofauna edáfica de um Latossolo vermelho distroférrico em Londrina, PR. In: WORLD CONGRESS ON CONSERVATION AGRICULTURE, 2., 2003, Iguassu Falls. **Producing in harmony with nature: extended summary - posters**. Ponta Grossa: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha; [S.I.]; Confederacion de Asociaciones Americanas para la Agricultura Sustentable, 2003. v. 2, p. 426-429.

BROWN, G. G.; RÖMBKE, J.; HÖFER, H.; VERHAAGH, M.; SAUTTER, K. D.; SANTANA, D. L. Q. Biodiversity and function of soil animals in Brazilian agroforestry systems. In: GAMA-RODRIGUES, A. C., GAMA-RODRIGUES, E. F., VIANA, A. P., FREITAS, M. S., MARCIANO, C. R., JASMIN, J. M., BARROS, N. F. Y CARNEIRO, J. G. A. (Ed.). **Sistemas Agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável**. Campos dos Goytacazes: UENF, 2006a. p. 217-242.

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, n. 2, p. 339-358, 2006b.

BROWN, G. G.; JAMES, S. W.; SAUTTER, K. D.; PASINI, A.; BENITO, N. P.; NUNES, D. H.; KORASAKI, V.; SANTOS, E. F. dos; MATSUMURA, C.; MARTINS, P. T.; PAVAO, A.; SILVA, S. H. da; GARBELINI, L. G.; TORRES, E. Avaliação das populações de minhocas como bioindicadores ambientais no norte e no leste do Estado do Paraná. In: SARAIVA, O. F.; LEITE, R. M. V. B. de C. (Ed.). **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja 2005**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. p. 20-29. (Embrapa Soja. Documentos, 296)

CORREIA, M. E. F.; AQUINO, A. M. de. **Os diplópodes e suas associações com microrganismos na ciclagem de nutrientes**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 41 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 199).

CORREIA, M. E. F.; REIS, L. L.; CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A. A. Populações da macrofauna do solo em agricultura itinerante na região da Mata Atlântica, RJ. In:

WORKSHOP O USO DA MACROFAUNA EDÁFICA NA AGRICULTURA DO SÉCULO XXI, 2003, Londrina. **A importância dos engenheiros do solo**: anais. Londrina: Embrapa Soja: Instituto de Ecologia, A.C., 2003. 236 p. (Embrapa Soja. Documentos, 224). Organizado por George Gardner Brown, Carlos Fragoso, Lenita Jacob Oliveira.

DECÄENS, T.; JIMÉNEZ, J. J.; GIOIA, C.; MEASEY, G. J.; LAVELLE, P. The values of soil animals for conservation biology. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. S23-S38, 2006.

DOUBE, B. M.; SCHMIDT, O. Can the abundance or activity of soil macrofauna be used to indicate the biological health of soils. In: PANKHURST, C. E.; DOUBE, B. M.; GUPTA, V. V. S. R. (Ed.). **Biological indicators of soil health**. Wallingford: CAB International, 1997. p. 265-295.

EDWARDS, C. A.; BOHLEN, P. J. **Biology and ecology of earthworms**. 3rd ed. London: Chapman and Hall, 1996. 426 p.

FRAGOSO, C.; KANYONYO, J.; MORENO, A. G.; SENAPATI, B. K.; BLANCHART, E.; RODRÍGUEZ, C. Earthworm communities of tropical agroecosystems: origin, structure and influence of management practices. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. F. (Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Wallingford: CAB International, 1999. p. 27-55.

HAAG, H. P. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Campinas: Fundação Cargil, 1985. 114 p.

HOOPER, D. U.; BIGNELL, D. E.; BROWN, V. K.; WALL, D. H.; WARDLE, D. A.; COLEMAN, D. C.; GILLER, K. E.; LAVELLE, P.; VAN DER PUTTEN, W. H.; DE RUITER, P. C.; RUSEK, J.; SILVER, W. L.; TIEDJE, J. M.; WOLTERS, V. Interactions between aboveground and belowground biodiversity in terrestrial ecosystems: patterns, mechanisms and feedbacks. **BioScience**, v. 50, p. 1049-1061, 2000.

LAVELLE, P.; SPAIN, A. V. **Soil Ecology**. Dordrecht: Kluwer, 2001. 653 p.

LAVELLE, P.; DANGERFIELD, M.; FRAGOSO, C.; ESCHENBRENNER, V.; LÓPEZ-HERNÁNDEZ, D.; PASHANASI, B.; BRUSSAARD, L. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. (Ed.). **The biological management of tropical soil fertility**. Chichester: J. Wiley, 1994. p. 137-169.

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.; BARROS, E.; BLANCHART, E.; BROWN, G. G.; DESJARDINS, T.; MARIANI, L.; ROSSI, J. P. SOM management in the tropics: why feeding the soil macrofauna? **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 61, p. 53-61, 2001.

LAVELLE, P.; SENAPATI, B. K.; BARROS, E. Soil macrofauna. In: SCHROTH, G.; SINCLAIR, F. J. (Ed.). **Trees, crops and soil fertility**. Wallingford: CABI, 2003. p. 303-323.

LAVELLE, P.; BLOUIN, M.; BOYER, J.; CADET, P.; LAFFRAY, D.; PHAM-THI, A.-T.; REVERSAT, G.; SETTLE, W.; ZUILY, Y. Plant parasite control and soil fauna diversity. **Comptes Rendues de l'Academie de Science de Paris: Serie Biologie**, v. 327, p. 629-638, 2004.

MARTIUS, C.; HÖFER, H.; GARCIA, M. V. B.; RÖMBKE, J.; FÖRSTER, B.; HANAGARTH, W. Microclimate in agroforestry systems in Central Amazonia: does canopy closure matter to soil organisms? **Agroforestry Systems**, v. 60, p. 291-304, 2004.

McNEELEY, J. A.; SCHROTH, G. Agroforestry and biodiversity conservation: traditional practices, present dynamics, and lessons for the future. **Biodiversity and Conservation**, v. 15, p. 549-554, 2006.

MOÇO, M. K. S.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; MACHADO, R. C. R.; BALIGAR, V. C. Soil and litter fauna of cacao agroforestry systems in Bahia, Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 76, p. 127-138, 2009.

PANKHURST, C. E.; DOUBE, B. M.; GUPTA, V. V. S. R. (Ed.). **Biological indicators of soil health**. Wallingford: CAB International, 1997. 451 p.

PAOLETTI, M. G. (Ed). **Invertebrate biodiversity as bioindicators of sustainable landscapes**: practical use of invertebrates to assess sustainable land use. Amsterdam: Elsevier, 1999. 446 p.

PENEIREIRO, F. M. **Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso**. 138 f. 1999. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ROSSI, J.-P.; MATHIEU, J.; COOPER, M.; GRIMALDI, M. Soil macrofaunal biodiversity in Amazonian pastures: matching sampling with patterns. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 38, p. 2178-2187, 2006.

SAUTTER, K. D.; BROWN, G. G.; JAMES, S. W.; PASINI, A.; NUNES, D. H.; BENITO, N. P. Present knowledge on earthworm biodiversity in the State of Paraná, Brazil. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. S296-S300, 2006.

SILVA, M. S. C. **Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais em Paraty, RJ**. 2006. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

SILVA, R. F. da; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. F. Populações de oligoquetos (Annelida: Oligochaeta) em um Latossolo Vermelho submetido a sistemas de uso do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 673-677, 2006.

SUSILO, F. X.; NEUTEL, A. M.; VAN NOORDWIJK, M.; HAIRIAH, K.; BROWN, G. G.; SWIFT, M. J. Soil biodiversity and food webs. In: VAN NOORDWIJK, M.; CADISCH, G.; ONG, C. K. (Ed.). **Below-ground interactions in tropical agroecosystems**: concepts and models with multiple plant components. Wallingford: CABI, 2004. p. 285-307.

STATSOFT. **Statistica**, v. 7.0. Tulsa, 2004.

TIAN, G.; BRUSSAARD, L.; KANG, B. T. An index for assessing the quality of plant residues and evaluating their effects on soil and crop in the (sub-) humid tropics. **Applied Soil Ecology**, v. 2, p. 25-32, 1995.

VAN NOORDWIJK, M. Belowground biodiversity and sustainability of complex agroecosystems. In: GAFUR, A.; SUSILO, F. X.; UTOMO, M.; VAN NOORDWIJK, M. (Ed.). **Management of agrobiodiversity in Indonesia for sustainable land use and global environmental benefits**. Bogor: ICRAF, 1999. p. 8-28.

VOHLAND, K.; SCHROTH, G. Distribution patterns of the litter macrofauna in agroforestry and monoculture plantations in central Amazonia as affected by plant species and management. **Applied Soil Ecology**, v. 13, p. 57-68, 1999.

WILSON, E. O. The biological diversity crisis: a challenge to science. **BioScience**, v. 35, p. 700-706, 1985.