

# Caracterização da fauna de Collembola em diferentes formações vegetais no município de Santa Bárbara, estado do Pará, Brasil

## Characterization of the Collembola fauna in different vegetal formations in the municipality of Santa Barbara, state of Pará, Brazil

Andreza Mesquita Martins<sup>1</sup>  | Ana Lúcia Nunes Gutjahr<sup>1</sup>  | Carlos Elias de Souza Braga<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidade do Estado do Pará. Belém, Pará, Brasil

**Resumo:** Collembola apresenta grande importância na ciclagem de nutrientes, sendo indicador da qualidade ecológica do solo. O presente estudo teve como objetivo determinar a abundância e a riqueza da fauna de Collembola nas fitofisionomias de floresta primária, plantação de dendê e sistema agroflorestal, no município de Santa Bárbara, Pará. Foram realizadas quatro expedições de coletas, duas na estação chuvosa e duas no período mais seco da região. As amostras foram obtidas através da armadilha de *pitfall*, totalizando 144 exemplares. A identificação e a obtenção de dados quantitativos da colembofauna foram feitas em nível de família. Nas fitofisionomias, foram coletados 86.770 espécimes de colêmbolos, classificados em 15 famílias. A maior abundância de colêmbolos foi registrada na floresta primária, com 19.245 espécimes no período chuvoso, enquanto no período menos chuvoso o destaque foi para a plantação de dendê, com 22.322 espécimes. Observou-se que a maior riqueza de famílias ocorreu no ambiente de floresta primária, sendo as mais representativas Paronellidae e Neanuridae, com, respectivamente, 17.145 e 9.545 espécimes. O estudo evidenciou a variabilidade na composição de famílias da colembofauna e gerou novas informações sobre a abundância e a riqueza dos grupos taxonômicos nas fitofisionomias estudadas.

**Palavras-chave:** Biodiversidade. Artrópodes edáficos. Hexapoda. Mesofauna edáfica.

**Abstract:** Collembola are very important in nutrient cycling and are an indicator of the ecological quality of soil. This study aims to determine the abundance and richness of the Collembola fauna in the phytophysionomies of primary forest, oil palm plantation, and agroforestry system in the municipality of Santa Bárbara, Pará. Four collection expeditions were carried out, two in the rainy season and two in the driest period of the region. The samples were obtained through the pitfall trap, totaling 144 samples. The identification and obtainment of quantitative data of the Collembola were done at family level. In phytophysionomies, 86,770 specimens of Collembola were collected, classified into 15 families. The greatest abundance of Collembola was in the primary forest, with 19,245 specimens in the rainy period, while in the less rainy period, the oil palm plantation stood out, with 22,322 specimens. The greatest wealth of families was observed in the primary forest environment, the most represented families being Paronellidae and Neanuridae, with respectively 17,145 and 9,545 specimens. The study showed the variability in the composition of the families of Collembola and generated new information on the abundance and richness of the taxonomic groups in the studied phytophysionomies.

**Keywords:** Biodiversity. Soil arthropods. Hexapoda. Soil mesofauna.

---

MARTINS, A. M., A. L. NUNES-GUTJAHR & C. E. S. BRAGA, 2020. Caracterização da fauna de Collembola em diferentes formações vegetais no município de Santa Bárbara, estado do Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 15(2): 393-407. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i2.110>.

Autora para correspondência: Andreza Mesquita Martins. Universidade do Estado do Pará. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Travessa Dr. Enéas Pinheiro, 2626. Belém, PA, Brasil. CEP 66095-015 ([andrezamartins@hotmail.com](mailto:andrezamartins@hotmail.com)).

Recebido em 21/02/2019

Aprovado em 08/08/2019

Responsabilidade editorial: Fernando da Silva Carvalho-Filho



## INTRODUÇÃO

O Brasil é conhecido por sua vasta biodiversidade, expressa pela elevada riqueza de flora, fauna de vertebrados e invertebrados, e também pela ampla diversidade de milhares de organismos edáficos presentes nos solos dos mais diversos ambientes (Morais *et al.*, 2013; Rodrigues, 2016). Com relação à fauna de invertebrados, os organismos edáficos promovem a manutenção da capacidade produtiva do solo, auxiliando na decomposição e na mineralização de resíduos orgânicos, beneficiando as plantas e até mesmo outros organismos com a disponibilidade de nutrientes (Brown & Sautter, 2009).

Nesse grupo de organismos, destacam-se os Collembola, que detêm alta representatividade dentro da fauna edáfica, mais especificamente na mesofauna (Bellinger *et al.*, 2018). Estes invertebrados pertencem ao grupo Hexapoda, sendo conhecidos popularmente como 'pulga-de-jardim'. São considerados insetos basais que mantêm o padrão de tagmose corporal da classe Insecta, com subdivisão em cabeça, tórax e abdômen, sendo organismos ápteros e com o tamanho do corpo variando entre 0,2-3 mm (Zeppelini & Bellini, 2004).

Esses artrópodes são dominantes e abundantes no mundo, sendo encontrados em todos os continentes, incluindo a Antártida, e até mesmo em *habitats* como ninhos de cupins, vegetação herbácea, ninhos de aves, litoral marinho e epífitas (Hopkin, 1997; Richards, 1979). Por serem pequenos, não são facilmente percebidos, mas, devido à sua ampla distribuição e abundância, alcançam grande densidade populacional por metro quadrado nos solos (Wallwork, 1976; Hopkin, 1997). Ecologicamente, os colêmbolos desempenham papel importante no controle da população e na distribuição de bactérias e fungos edáficos, bem como na formação da microestrutura do solo (Rusek, 1998; Zeppelini & Bellini, 2004).

Desse modo, a capacidade de interação dos colêmbolos no meio ambiente faz com que sejam importantes componentes na avaliação de impactos ambientais e na qualidade do solo (Zeppelini *et al.*, 2008;

Silva *et al.*, 2012). Além disso, a diversidade e a riqueza das famílias de colêmbolos expressam sensibilidade a intervenções antrópicas, pois a abundância destes indivíduos torna-se maior à medida que a quantidade e a qualidade da matéria orgânica são aumentadas (Fernandes *et al.*, 2009; Mussury *et al.*, 2008).

Como esses invertebrados apresentam sensibilidade a mudanças ambientais – como alteração no clima, na temperatura, na umidade, no pH, na composição de matéria orgânica, entre outros –, eles podem ser considerados indicadores de qualidade ambiental. Dessa forma, estudos sobre a fauna colembológica vêm sendo utilizados para avaliar estratégias de conservação e monitoramento de ecossistemas terrestres naturais e perturbados (Culik & Filho, 2003; Zeppelini *et al.*, 2008). Contudo, no Brasil, a maioria das pesquisas sobre colêmbolos é de cunho taxonômico, sendo desenvolvidos poucos estudos relacionados à diversidade, à distribuição e à ecologia de Collembola em diferentes ambientes (Abrantes *et al.*, 2012).

Esta pesquisa busca demonstrar que, através da diversidade da fauna de Collembola em diferentes sistemas de usos do solo, os indivíduos deste grupo possam exercer propriedades indicativas para monitorar a qualidade biológica do solo, principalmente por ser o mais representativo dentro da fauna edáfica, sendo possível, com isso, identificar os sistemas em estudo que melhor conservam a qualidade do solo. Portanto, o presente artigo teve como objetivo determinar a abundância e a riqueza da fauna de Collembola, relacionando esses aspectos a três diferentes fitofisionomias presentes no município de Santa Barbara, Pará.

## MATERIAL E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

Para este estudo, foram utilizados três diferentes fitofisionomias: uma área de floresta primária, um cultivo agrícola (plantação de dendê) e uma área de sistema agroflorestal (SAF), todas localizadas no município de Santa Bárbara, região metropolitana de Belém, Pará (Figura 1).

O solo da região é classificado como predominantemente Latossolo Amarelo Distrófico Típico, com textura média (EMBRAPA, 2013).

A topografia da região caracteriza-se por apresentar um relevo predominantemente plano, fazendo parte do planalto rebaixado da Amazônia. Segundo a classificação climática de Köppen (1936), o clima da região é do tipo tropical úmido Afi, com índice pluviométrico anual de 2.500 a 3.000 mm. A temperatura média anual é de 26 °C e a média anual da umidade relativa do ar é de 85% (SUDAM, 1993).

A área de estudo foi escolhida, principalmente, por apresentar as fitofisionomias dentro de uma mesma localidade, possibilitando condições ambientais similares para o estudo da fauna de Collembola. Neste estudo, as

fitofisionomias de floresta primária e plantação de dendê (Figuras 2A e 2B) encontravam-se na propriedade da empresa Dendê do Pará S/A (DENPASA), que está situada na rodovia PA-391, km 9,5, na estrada Belém-Mosqueiro. Esta empresa possui mais de 35 anos de funcionamento em Santa Bárbara do Pará, atuando na produção de dendê, principalmente devido à adaptabilidade dessa cultura perene às condições edafo-climáticas da região Norte do país (DENPASA, 2018).

A área de coleta referente à monocultura possui vários lotes de plantação de dendê, sendo determinado para este estudo o lote situado nas coordenadas 01° 26' 29" S e 48° 25' 98" W, onde as palmeiras de dendê se encontram com espaçamento de 10 m de umas às outras. Quanto à área de estudo referente à

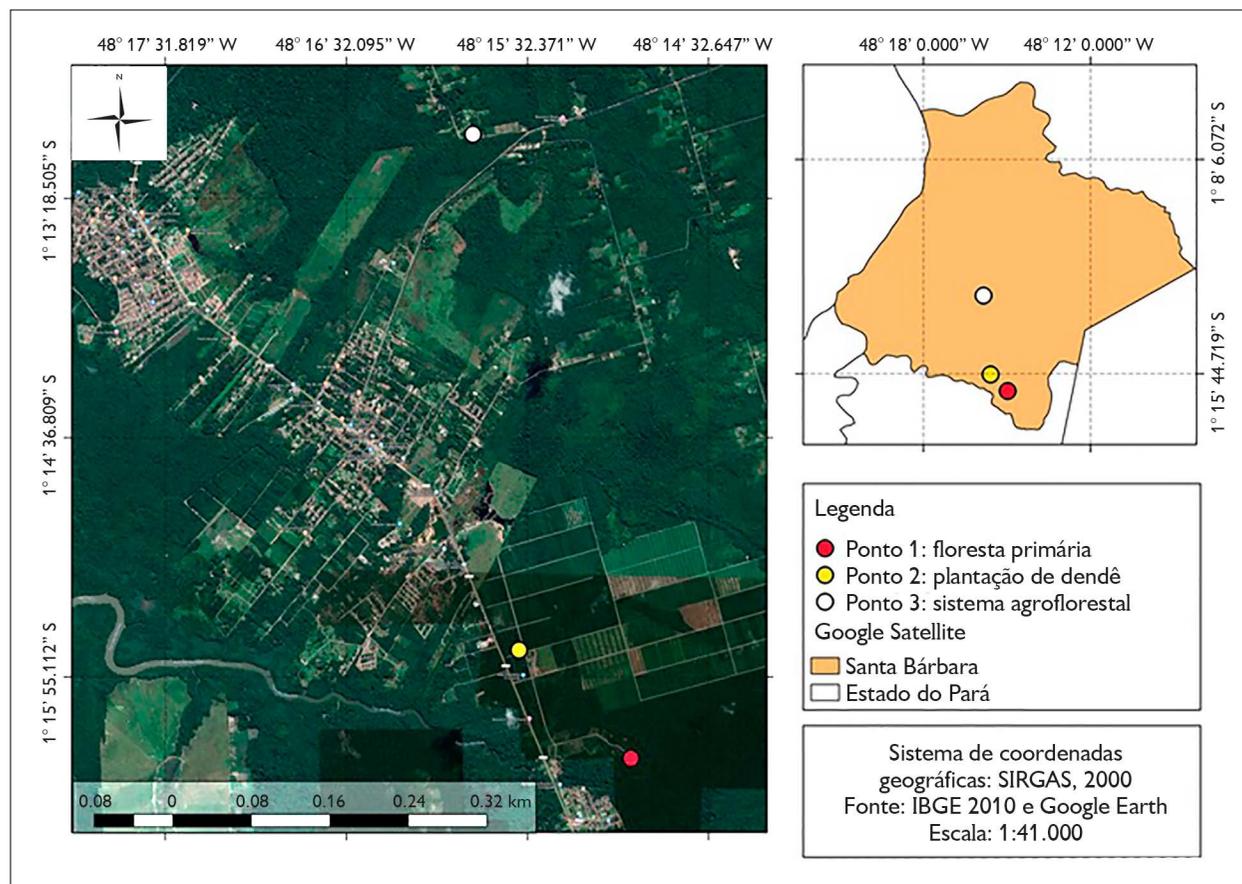


Figura 1. Localização do município de Santa Bárbara, Pará, e pontos de coleta em cada área de estudo. Mapa: A. M. Martins (2018).





a região amazônica tem dois períodos distintos, que evidenciam a sazonalidade regional: período chuvoso, que ocorre de dezembro a maio, e menos chuvoso, que se estende de junho a novembro.

As coletas das amostras foram efetuadas em uma área de 50 x 25 m, na qual três transectos de 50 m foram estabelecidos, distantes entre si 12,5 m. Nos dois transectos da extremidade, foram definidos 12 pontos de coleta (seis pontos em cada), que distavam entre si 10 m e foram destinados para a coleta da colembofauna. No transecto central, foram definidos três pontos destinados à coleta de solo para determinação da umidade, onde no entorno de cada ponto foram retiradas aleatoriamente três réplicas em um raio de 60 cm (Figura 3).

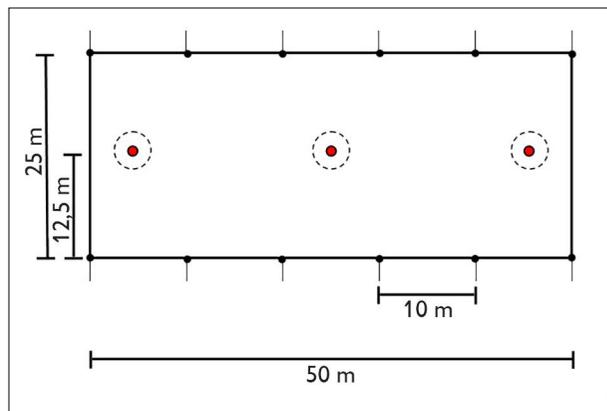


Figura 3. Desenho amostral da área de estudo com seus respectivos pontos de coleta.

### COLETA DA FAUNA DE SOLO

As unidades de amostras foram obtidas por meio do método de *pitfall* (armadilhas de queda), que consistiu em enterrar um copo plástico no solo com a borda nivelada na superfície, contendo solução de etanol a 70%. Esse copo foi coberto por uma estrutura composta por palitos de madeira, acoplados a um prato plástico, que serviu de telhado para proteger o objeto de chuvas intensas (Figura 4). Cada armadilha permaneceu no local de coleta por 72 horas. Considerando-se as quatro excursões de campo, foram instaladas 144 armadilhas. De acordo com Moreira *et al.* (2010), a armadilha *pitfall* é eficiente para a captura dos invertebrados que habitam o solo, pois sua capacidade é indicada para avaliação da atividade dos artrópodes terrestres que atuam na superfície do solo.

### COLETA DE AMOSTRAS DE SOLO

As amostras de solo foram coletadas com auxílio de um trado holandês de 20 cm (Figura 5), separadas em três profundidades: 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm de solo. Elas foram acondicionadas em sacos plásticos e transportadas em isopor para o Laboratório de Química, da Coordenação de Ciências da Terra, do Museu Paraense Emílio Goeldi. Cada ponto de amostragem do solo foi homogeneizado



Figura 4. Armadilha de *pitfall* instalada em campo, na fitofisionomia de mata primária, na área da DENPASA S/A. Foto: A. M. Martins (2018).

segundo sua profundidade, por meio de três réplicas de solo. Em cada área de estudo, obteve-se nove amostras, totalizando, nos três ambientes, 27 amostras por coleta. Durante as quatro coletas de estudo, foram analisadas 108 amostras de solo.

### IDENTIFICAÇÃO DOS ESPÉCIMES

A identificação e a quantificação da colembofauna foram realizadas com auxílio de um estereomicroscópio (lupa binocular/Coleman - NSZ 606), e com a montagem de lâminas para identificação e classificação taxonômica no nível de família, seguindo a chave de identificação para Collembola Lubbok, 1873, presente em Zeppelini (2012).

A montagem das lâminas seguiu o protocolo de Consoli & Oliveira (1994), adaptado por Hunber & Reis (2011), no qual os espécimes passaram pelo processo de clarificação em solução KOH (2%), por um tempo variável, dependendo de cada espécime. Em seguida, foram desidratados em solução de etanol etílico (70%) por dez minutos. Após o processo de desidratação, os espécimes foram submetidos ao óleo de imersão Merck® por dez minutos e, por fim, montados em verniz vitral incolor sob lâmina e lamínula. As lâminas foram analisadas através do auxílio do microscópio óptico (Leica – LAS EZ).

### DADOS METEOROLÓGICOS

Foram obtidos, na plataforma do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), dados meteorológicos de temperatura, umidade relativa do ar e índice pluviométrico. Como o município em estudo não apresenta uma estação meteorológica, foi necessária a realização de uma interpolação linear de dados das estações mais próximas do município para que fossem determinados esses fatores para a área de estudo.

A interpolação linear considerou a média de temperatura em Belém e Castanhal (municípios mais próximos) para encontrar o valor aproximado de pressão atmosférica em Santa Bárbara. A partir dos dados de pressão, foram encontrados os dados de umidade em



Figura 5. Coleta de solo: A) ilustração do trado holandês; B) extração do solo com auxílio do trado holandês em campo, na fitofisionomia de mata primária, na DENPASA S/A. Foto: Martins, A. M. (2018).

Santa Bárbara, considerando-se a seguinte fórmula:  $Y = Y_1 + [(x-x_1/x_2-x_1) * (Y_2 - Y_1)]$ , onde  $Y$  = pressão em Santa Bárbara;  $Y_1$  = pressão em Belém;  $Y_2$  = pressão em Castanhal;  $X$  = umidade em Santa Bárbara;  $X_1$  = umidade em Belém;  $X_2$  = umidade em Castanhal.

Para obtenção dos valores de temperatura e umidade relativa do ar para o município de Santa Bárbara, Pará, foi verificada a média de cada variável, considerando-se os municípios de Belém e Castanhal, ambos pertencentes à região metropolitana de Belém, no estado do Pará.

### ANÁLISE DE DADOS

Para cada área estudada, foram determinadas medidas de estrutura de comunidades como o índice de diversidade de Shannon-Wiener (H), considerando-se a riqueza (S) e a abundância relativa (p) das famílias de Collembola; a equitabilidade de Shannon-Wiener e o índice de dominância de Simpson (J), relativo ao padrão de distribuição dos indivíduos entre as famílias, que varia de 0 a 1. Ainda, foram classificadas como dominantes as famílias que tiverem frequência relativa de 5% do total de famílias (táxon) inventariadas por fitofisionomia (Nunes-Gutjahr & Braga, 2015).

Os valores do total de indivíduos nas duas épocas de coletas foram comparados pelo teste de Mann-Whitney, com o uso do *software* BioEstat 5.0. Realizou-se, ainda, uma análise que determinou o índice de similaridade entre as fitofisionomias estudadas, através do programa Primer-E 5.2, com base na matriz de similaridade elaborada pelo programa EstimateS Win 8.2. Foram também calculados estimadores de riqueza, como Chao I e Jackknife I. As curvas de acumulação foram geradas em função das amostras, sendo os dois estimadores suficientes para demonstrar a estimativa de riqueza de cada ambiente (Gotteli & Colwell, 2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados obtidos no presente estudo, foi possível ter informações a respeito da abundância e da riqueza dos grupos que compõem a fauna edáfica, com ênfase em Collembola, nas três fitofisionomias estudadas,

visto que este grupo da fauna de solo nunca foi estudado na região. No total, foram coletados 86.770 espécimes, pertencentes a 15 famílias, o que representa 79% das famílias de Collembola existentes no Brasil (Triplehorn & Johnson, 2015) (Tabela 1). Entre as fitofisionomias presentes apenas na floresta primária, houve ocorrência de todas as 15 famílias, enquanto que, no dendezal e no SAF, foram registradas, respectivamente, 13 famílias (Tabela 1).

### FAMÍLIAS DE Collembola

Em relação às famílias de Collembola amostradas, Neelidae e Odontellidae foram exclusivas da floresta primária (Tabela 1), o que pode representar perda de biodiversidade nas áreas de cultivos (dendezal e SAF) em relação à área natural (floresta primária). Quanto à abundância de colêmbolos em cada fitofisionomia, observou-se que houve também perda neste aspecto e, conseqüentemente, de biomassa do solo, sendo a perda no SAF igual a 58% em relação à floresta primária.

Tabela 1. Famílias, abundância (A) e frequência relativa (F) de colêmbolos por fitofisionomia inventariados em Santa Bárbara, Pará.

Famílias	Floresta		Dendezal		SAF		Total	
	A	F(%)	A	F(%)	A	F(%)	A	F(%)
Bourletiellidae	316	0,9	30	0,1	42	0,3	388	0,4
Brachystomellidae	1.814	5,0	176	0,5	341	2,2	2.331	2,7
Cyphoderidae	3	-	41	0,1	89	0,6	133	0,2
Dicyrtomidae	616	1,7	1.162	3,3	423	2,8	2.201	2,5
Entomobryidae	3.863	10,6	1.414	4,0	2.000	13,0	7.277	8,4
Isotomidae	1.377	3,8	12.348	35,4	4.816	31,3	18.541	21,4
Katiannidae	63	0,2	14	0,0	438	2,8	515	0,6
Neanuridae	9.545	26,2	2.198	6,3	2.014	13,1	13.757	15,9
Neelidae	9	-	-	0,0	-	-	9	0,0
Odontellidae	305	0,8	-	0,0	-	-	305	0,4
Onychiuridae	37	0,1	29	0,1	21	0,1	87	0,1
Paronellidae	17.145	47,0	8.331	23,9	2.670	17,4	28.146	32,4
Sminthuridae	527	1,4	1.911	5,5	497	3,2	2.935	3,4
Sminthurididae	535	1,5	1.681	4,8	166	1,1	2.382	2,7
Sturmiidae	321	0,9	5.587	16,0	1.855	12,1	7.763	8,9
Total de indivíduos	36.476	100	34.922	100	15.372	100	86.770	100
Número de famílias	15		13		13		15	



Tal constatação é decorrente da abundância do SAF ter sido de 42% em comparação com a abundância de colêmbolos na floresta primária. No dendezal, não foi observada perda considerável de abundância, tendo em vista que a redução foi de apenas 4,26%.

O estudo também possibilitou observar que houve mudança na composição faunística em relação às famílias amostradas, evidenciada pela frequência relativa (%) de indivíduos de cada família nas três fitofisionomias (Tabela 1).

Na floresta primária, quatro famílias mostraram-se dominantes (Brachystomellidae, Entomobryidae, Neanuridae e Paronellidae); no dendezal, cinco (Isotomidae, Neanuridae, Paronellidae, Sminthuridae e Sturmiidae); e no SAF, cinco famílias (Entomobryidae, Isotomidae, Neanuridae, Paronellidae e Sturmiidae) (Tabela 1). Ressalta-se que a família Brachystomellidae foi dominante na floresta primária, entretanto, não foi dominante no dendezal e no SAF. De modo contrário, Sminthuridae e Sturmiidae não foram dominantes na floresta primária, mas o foram no dendezal e/ou no SAF.

Dessa forma, fica evidente uma mudança da estrutura da comunidade ambiental das referidas famílias. Como sugerem Ponge *et al.* (2003), a diversidade e a distribuição da comunidade de colêmbolos edáficos podem ser influenciadas pela estrutura da cobertura vegetal.

Esse resultado pode ser decorrente da mudança na condição ambiental, de ambiente natural florestado (floresta primária) para ambientes alterados pela implantação de cultivos (dendezal e SAF), os quais apresentam, visivelmente, cobertura vegetal mais aberta e ensolarada. Essa condição de fitofisionomia mais aberta, evidente no dendezal e no SAF, pode constituir um fator limitante para as famílias de colêmbolos que sejam mais sensíveis ao calor e, conseqüentemente, à menor umidade do solo.

No período chuvoso na floresta primária, as famílias mais abundantes foram Paronellidae ( $n = 7.725$ ) e Neanuridae ( $n = 6.555$ ), que representaram, juntas, 74,2% de toda a colembofauna coletada nesta fitofisionomia; as

menos abundantes foram Neelidae ( $n = 1$ ) e Onychiuridae ( $n = 4$ ), com 0,03% de representatividade (Tabela 2). Tal resultado difere do obtido por Câmara & Oliveria (1999), que encontraram na floresta primária no município de Manacapuru, Amazonas, as famílias Entomobryidae e Isotomidae como as mais abundantes durante o período chuvoso.

No período menos chuvoso na floresta primária, as famílias mais abundantes foram Paronellidae ( $n = 9.420$ ), Entomobryidae ( $n = 2.995$ ) e Neanuridae ( $n = 2.990$ ), com representatividade de 89,4%, e as menos abundantes foram Cyphoderidae ( $n = 3$ ) e Neelidae ( $n = 8$ ), que corresponderam a 0,06% dos colêmbolos coletados (Tabela 2).

Na plantação de dendê, durante o período chuvoso, foram observados os maiores valores de abundância para as famílias Sturmiidae ( $n = 5.361$ ), Paronellidae ( $n = 1.370$ ) e Sminthuridae ( $n = 1.355$ ), as quais representaram 64,2% da colembofauna, e a menor abundância para Katiannidae ( $n = 1$ ) e Cyphoderidae ( $n = 19$ ), com representatividade de 0,2%. Durante o período menos chuvoso, nesse ambiente, observou-se a maior abundância para Isotomidae ( $n = 11.110$ ) e Paronellidae ( $n = 6.961$ ), que, juntas, representaram 81% dos exemplares capturados; em contrapartida, as famílias menos abundantes foram Katiannidae ( $n = 13$ ) e Cyphoderidae ( $n = 22$ ), equivalentes a 0,2% da colembofauna coletada (Tabela 2).

Com relação ao sistema agroflorestal (SAF), no período chuvoso, as famílias mais abundantes (com 66% de representatividade) foram Sturmiidae ( $n = 1.743$ ), Entomobryidae ( $n = 1.642$ ) e Paronellidae ( $n = 1.616$ ), e as menos abundantes (com 0,7% de representatividade) foram Bourletiellidae ( $n = 25$ ) e Sminthuridae ( $n = 30$ ). Por outro lado, no período menos chuvoso, as famílias com maior abundância foram Isotomidae ( $n = 3.776$ ), Neanuridae ( $n = 1.483$ ) e Paronellidae ( $n = 1.054$ ), e as de menor abundância foram Cyphoderidae ( $n = 13$ ) e Bourletiellidae ( $n = 17$ ), representando apenas 0,4% da colembofauna (Tabela 2).

Tabela 2. Famílias, abundância e percentual de Collembola por período (chuvoso e menos chuvoso) na floresta primária (FP), na plantação de dendê (monocultura) (PD) e no sistema agroflorestal (SAF), dos espécimes coletados em Santa Bárbara, Pará.

Famílias	Período chuvoso					Período menos chuvoso				
	FP	PD	SAF	Total	%	FP	PD	SAF	Total	%
Bourletiellidae	247	30	25	302	0,77	69	-	17	86	0,18
Brachystomellidae	1.584	150	286	2.020	5,12	230	26	55	311	0,66
Cyphoderidae	-	19	76	95	0,24	3	22	13	38	0,08
Dicyrtomidae	380	607	334	1.321	3,35	236	555	89	880	1,86
Entomobryidae	868	670	1.642	3.180	8,07	2.995	744	358	4.097	8,65
Isotomidae	882	1.238	1.040	3.160	8,02	495	11.110	3.776	15.381	32,49
Katiannidae	28	1	160	189	0,48	35	13	278	326	0,69
Neanuridae	6.555	577	531	7.663	19,44	2.990	1.621	1.483	6.094	12,87
Neelidae	1	-	-	1	0,00	8	-	-	8	0,02
Odontellidae	96	-	-	96	0,24	209	-	-	209	0,44
Onychiuridae	4	-	-	4	0,01	33	29	21	83	0,18
Paronellidae	7.725	1.370	1.616	10.711	27,17	9.420	6.961	1.054	17.435	36,82
Sminthuridae	260	1.222	30	1.512	3,84	267	689	467	1.423	3,01
Sminthurididae	361	1.355	96	1.812	4,60	174	326	70	570	1,20
Sturmiidae	254	5.361	1.743	7.358	18,66	67	226	112	405	0,86
Total de exemplares	19.245	12.600	7.579	39.424	100	17.231	22.322	7.793	47.346	100
Número de famílias	14	12	12			15	12	13		

Deve-se destacar que as famílias Neelidae, Odontellidae e Onychiuridae não foram encontradas na plantação de dendê e no SAF no período chuvoso. Do mesmo modo, no período menos chuvoso verificou-se também a ausência delas nas fitofisionomias mencionadas, com exceção da família Onychiuridae, havendo também ausência da família Bourletiellidae na plantação de dendê.

A abundância da família Isotomidae na área de plantação de dendê e no sistema agroflorestal pode ter ocorrido, principalmente, por serem estas áreas que sofreram ações antrópicas. Segundo Serrano (2009), em trabalho realizado em Trombetas, no Pará, a família Isotomidae mostrou-se adaptada às áreas que sofrem interferências antrópicas, principalmente em áreas reflorestadas. Ressalta-se que as espécies desta família, por habitarem, em sua maioria, a camada mais profunda do solo, tornam-se menos vulneráveis aos predadores,

diferentemente da família Entomobryidae, que reúne espécies de tamanhos maiores e com coloração vistosa, as quais habitam as camadas superficiais do solo, sendo, por isso, mais facilmente percebidas pelos predadores.

Vale ressaltar que os colêmbolos pertencentes ao grupo dos Entomobryomorpha (Entomobryidae, Paronellidae, Cyphoderidae) vivem na camada superficial do solo e habitam a serapilheira, sendo, por isso, classificados como um grupo exclusivamente epiedáfico (Hopkin, 1997).

#### ABUNDÂNCIA DE COLLEMBOLA POR FITOFISIONOMIA

Com relação à abundância de Collembola, verificou-se que a floresta primária apresentou o maior número de espécimes coletados ( $n = 36.476$ ), seguida pela monocultura de dendê ( $n = 34.922$ ) e, por fim, pelo sistema agroflorestal ( $n = 15.372$ ) (Tabela 1).

A maior abundância de colêmbolos na floresta primária pode estar relacionada, provavelmente, à presença da vegetação natural, que detém maior disponibilidade de recursos ambientais (matéria orgânica), devido à grande quantidade de serrapilheira e ao clima mais ameno, principalmente no período chuvoso, quando o índice pluviométrico é elevado, possibilitando maior umidade ao solo. Tal resultado fica evidente por meio dos dados obtidos na plataforma do INMET referentes aos meses de coleta (Figura 6A), os quais confirmam que o período chuvoso apresentou os maiores índices pluviométricos mensais para a região de estudo, possibilitando, com isso, aumento na umidade do solo. Desse modo, observa-se a relação do índice pluviométrico com a análise de umidade de solo feita em cada fitofisionomia, indicando que o ambiente de floresta apresenta melhor condição de umidade do solo quando comparado com as outras fitofisionomias (Figura 6B).

A água é o principal fator limitante no grau de distribuição da fauna edáfica, visto que a umidade tem papel importante nas atividades exercidas por artrópodes no solo (Assad, 1997). Além disso, a principal fonte de alimentação dos colêmbolos é oriunda do processo de decomposição da matéria orgânica (detritos vegetais), além de fungos (Triplehorn & Johnson, 2015), os quais necessitam de umidade. Pelo exposto, fica evidente que a floresta primária proporciona um ambiente mais adequado à sobrevivência dos colêmbolos, devido à elevada umidade do solo.

Durante o período chuvoso, foram capturados, nas três fitofisionomias, 39.424 espécimes; já durante o período menos chuvoso, 47.346 espécimes foram coletados (Tabela 2). Embora este valor seja numericamente diferente, não houve diferença significativa entre os dois períodos estudados (teste de Mann-Whitney;  $p = 0.7244$ ). Para este período, também se observou que a floresta primária apresentou maior abundância de Collembola (19.245 espécimes) em relação à monocultura de dendê ( $n = 12.600$ ) e ao SAF ( $n = 7.579$ ). No período menos chuvoso, notou-se que a colembofauna foi mais abundante na plantação de dendê (22.322 espécimes) e na floresta

primária ( $n = 17.231$ ) e menos abundante no SAF ( $n = 7.793$ ) (Tabela 2).

Em relação aos períodos chuvoso e menos chuvoso, foi observada menor abundância de colêmbolos na floresta primária (redução de 10,47%) e no SAF (aumento de 2,82%), ao passo que, no dendezal, foi constatado aumento acentuado (77,15%) na abundância de colêmbolos da estação chuvosa para a menos chuvosa (Figura 7).

Essa menor diferença na abundância na floresta primária e no SAF pode estar relacionada às migrações dos colêmbolos para outros micro-*habitats*, como troncos caídos apodrecidos, os quais são comuns em ambientes de floresta, também encontrados no SAF, o que diminuiria a distribuição horizontal desses artrópodes no solo, buscando ambientes com maior concentração de umidade. Quanto a isso, sabe-se que, para a fauna de solo, a serrapilheira, os troncos caídos e o solo sob rochas formam importantes micro-*habitats*, que possuem a capacidade de manter, pelo menos em parte, a umidade e a temperatura do ambiente edáfico, principalmente durante a estação menos chuvosa (Goldsbrough *et al.*, 2003).

A grande abundância de colêmbolos na monocultura de dendê, no período menos chuvoso, pode ser decorrente da presença de condições ambientais mais estáveis em alguns micro-*habitats* bem estabelecidos, pois trata-se de uma cultura existente há mais de 30 anos no local, o que poderia ter influenciado a comunidade de colêmbolos a desenvolver uma adaptabilidade aos ecossistemas e aos microclimas edáficos mantidos no referido dendezal. Ribeiro-Troian *et al.* (2009) admitem que a maior abundância, riqueza e diversidade de colêmbolos em áreas de plantio de diferentes culturas florestais pode ser resultante de diferenças na densidade de sub-bosque em cada cultivar. Para Baldissera *et al.* (2008), o maior número de estoques de vegetação em áreas florestais de plantio confere maior densidade de sub-bosque. As afirmações desses autores são contundentes, pois, mesmo durante o presente estudo, foi frequente a limpeza (roçagem) do sub-bosque entre as fileiras das palmeiras de dendê, indicando haver uma dinâmica que oscila entre ter uma vegetação de sub-bosque e a supressão da mesma.

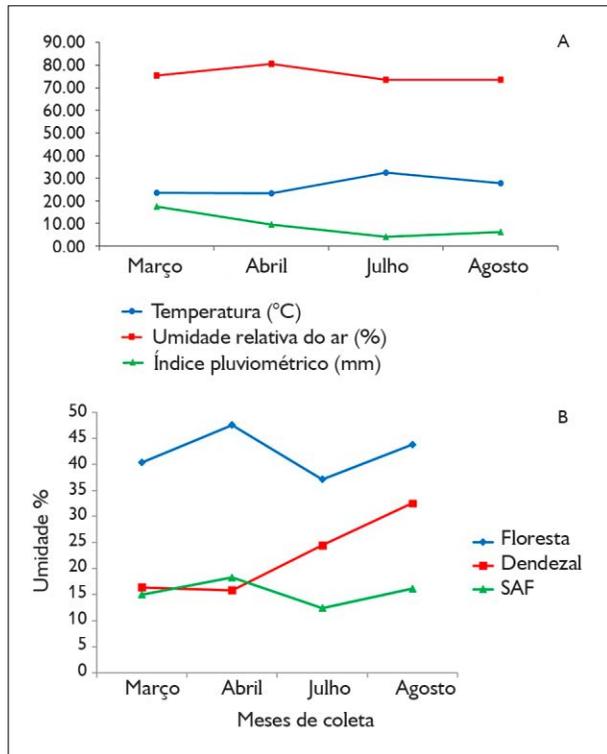


Figura 6. Variáveis ambientais obtidas para o município de Santa Bárbara, Pará, em 2018: A) temperatura, umidade relativa do ar e índice pluviométrico, obtidos por interpolação de dados do INMET; B) umidade do solo nas três fitofisionomias estudadas (0-20 cm).

Ressalta-se, ainda, que no plantio de dendê foi evidente no período mais chuvoso a alagação de algumas áreas, o que ocasionou o surgimento de grandes poças. Esse fato pode também ter influenciado a migração desses pequenos artrópodes para outros *micro-habitats*, favorecendo o surgimento de pequenas áreas com grande concentração desses animais edáficos, possibilitando a coleta de um número maior de colêmbolos. Bellinger *et al.* (2018) admitem que, em ambientes muito úmidos, os artrópodes edáficos, tipicamente encontrados no solo, como os colêmbolos, podem sofrer influência na sua abundância, ao se deslocarem para camadas de vegetação mais elevadas, chegando a habitar copas das árvores e epífitas, indicando que as comunidades de colêmbolos podem fazer migrações horizontais para sobreviver a condições menos favoráveis. Portanto, se concentrar em

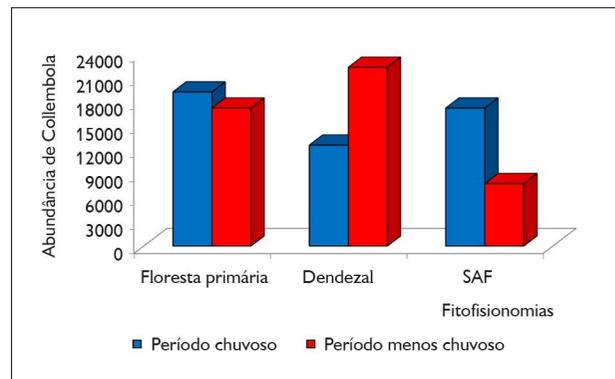


Figura 7. Abundância de Collembola nos períodos chuvoso e menos chuvoso nas fitofisionomias floresta primária, dendezal e SAF, coletados em Santa Bárbara, Pará, em 2018.

certo ponto da área de estudo é uma alternativa possível para a colembofauna do dendezal.

Todas as especulações tecidas até o momento devem levar em conta as características morfológicas, estruturais e fisiológicas dos colêmbolos no solo, pois tratam-se de invertebrados diminutos, com a cutícula delicada e fina, que necessitam de umidade para não dessecar e se alimentam por meio de processos que exigem umidade alta. Dessa forma, a condição do solo, referente à umidade, constitui um fator que influi diretamente na vida desses animais e, portanto, as migrações horizontais e verticais são consideradas estratégias de sobrevivência fundamentais para esses hexápodos, quando o solo não apresenta as condições ambientais propícias para manutenção das comunidades de colêmbolos.

A baixa abundância da classe Collembola no SAF, tanto no período chuvoso como no menos chuvoso, indica que esta fitofisionomia está caracterizada como um ecossistema que se encontra em estruturação e consolidação, por se tratar de um sistema agrícola jovem, que foi implantado há apenas seis anos no local de estudo, sendo notória, durante as excursões de campo, a existência de várias clareiras no sistema agroflorestal decorrentes de espécies florestais em desenvolvimento com baixa estatura e com pequenas copas. Vale ressaltar que tais características podem ter implicado um solo com baixa umidade, visto que este ambiente foi o que

apresentou o menor percentual de umidade do solo em todas as profundidades observadas. Destaque-se que, no ambiente de floresta primária, o solo esteve mais úmido em todas as profundidades analisadas (Figura 6B).

### ANÁLISE DE DIVERSIDADE, SIMILARIDADE E ESTIMATIVA DE RIQUEZA

Quanto aos índices de diversidade Shanon-Wiener ( $H'$ ) para as famílias de Collembola, verificou-se que o SAF foi o ambiente que apresentou melhor resultado de diversidade ( $H' = 1,94$ ) entre as fitofisionomias estudadas (Tabela 3), sendo, portanto, o ambiente que apresentou melhor uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as famílias de Collembola existentes nesta área em relação às demais. Tal resultado é corroborado por Ribeiro-Troian *et al.* (2009), que encontraram a taxa de diversidade maior para a plantação de *Pinus* spp. ( $H' = 1,80$ ) em relação à floresta ombrófila mista ( $H' = 1,69$ ) em diferentes fitofisionomias estudadas na região Sul do país.

Vale destacar que a floresta primária, apesar de apresentar os menores índices de diversidade local ( $H' = 1,58$ /Shanon-Wiener) e de equitabilidade  $J$  (0,60) em relação às demais fitofisionomias (Tabela 3), evidenciou a maior variedade de táxons (famílias), pois, ao se analisar a diversidade total, a qual destaca a importância regional dos ecossistemas, a floresta primária apresentou o melhor valor (0,99) em comparação à plantação de dendê e ao SAF (Tabela 3), visto que este índice estima a variação de espécies de uma região (Couteron & Pélissier, 2004). Além disso, a floresta primária é a fitofisionomia que se destaca quanto ao

número de táxons (famílias) identificados, pois o valor obtido para equitabilidade indica que o percentual de diversidade máxima teórica para esta fitofisionomia é de 60%, enquanto as demais fitofisionomias apresentam valores muito mais próximos de 100% da diversidade máxima teórica, sendo o SAF em 78% e a plantação de dendê em 73% de suas diversidades máximas teóricas, restando, respectivamente, 22% e 27% a serem descobertos.

A análise de similaridade entre as fitofisionomias estudadas que considerou as famílias de Collembola expressa no dendrograma de similaridade (Figura 8) evidenciou que o dendezal e o SAF são mais semelhantes entre si, apresentando 76,5% de similaridade. Tal resultado é decorrente do fato de que ambas fitofisionomias possuem características ambientais parecidas, principalmente por se tratarem de cultivares oriundos de grande atividade antrópica decorrente do preparo da área para o plantio, o que ocasiona grande impacto ambiental.

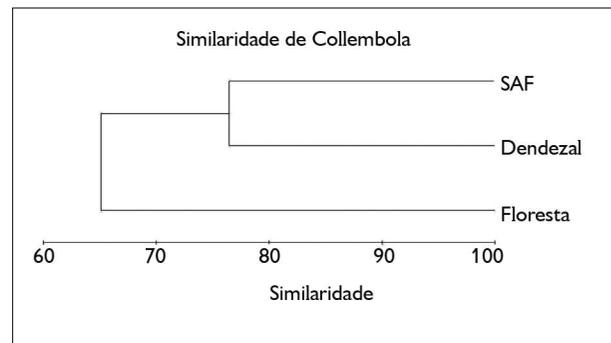


Figura 8. Similaridade das famílias de Collembola em diferentes fitofisionomias no município de Santa Bárbara, Pará.

Tabela 3. Índices de diversidade de Shanon-Wiener ( $H'$ ), equitabilidade de Pielou ( $J$ ) e dominância de Simpson por fitofisionomia (FP – floresta primária; PD – plantação de dendê; SAF – sistema agroflorestral) no município de Santa Bárbara, Pará.

Índices	FP	PD	SAF
Índice de diversidade de Shannon ( $H'$ )	1,58	1,82	1,94
Índice de diversidade gama ( $\gamma$ )	0,99	0,84	0,86
Equitabilidade de Pielou ( $J$ )	0,60	0,73	0,78
Índice de dominância de Simpson	0,29	0,23	0,17
Número de espécimes	36.476	34.922	86.77

No que concerne à floresta primária, observa-se que esta fitofisionomia é menos similar em relação às outras duas, visto que apresentou a composição de famílias de Collembola com 65,7% de semelhança com o SAF e 64,5% com o dendezal. Tal constatação é decorrente da própria estrutura e constituição da floresta primária, que, acima de tudo, corresponde a um ambiente natural com muitas características ecossistêmicas. Segundo Oliveira (2000), as florestas apresentam alta diversidade, grande riqueza de espécies (tanto florísticas quanto faunísticas) e baixas similaridades florísticas, mesmo entre locais próximos. Esta fitofisionomia está mais próxima do SAF, sendo menos semelhante ao dendezal. Entre as características mencionadas, destacam-se o sobreamento, a camada de serapilheira no solo, a manutenção da umidade, a reunião de diferentes microclimas e as inúmeras relações ecológicas existentes, responsáveis pela manutenção e pelo equilíbrio ecossistêmico, que favorecem a permanência da biodiversidade e, conseqüentemente, das comunidades de colêmbolos presentes nas diferentes fitofisionomias.

Quanto à existência de maior semelhança faunística entre o SAF e a plantação de dendê, ressalta-se que resultados parecidos também foram observados por Ribeiro-Troian *et al.* (2009), segundo os quais as plantações de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze e de *Pinus* spp. exibiram maior similaridade na composição de morfoespécies do que em relação à floresta ombrófila mista, que apresentou diferença na composição da comunidade, mais dissimilar.

A estimativa de riqueza que considerou os estimadores Jackknife e Chao, de 1ª ordem, evidenciou valores semelhantes aos observados para cada fitofisionomia: floresta primária = 15 famílias; plantação de dendê = 13 famílias; sistema agroflorestal = 13 famílias (Figura 9). Esse resultado é importante, pois indica que foram coletadas todas as famílias estimadas para cada fitofisionomia, uma vez que, quando o valor do observado – ou seja, o número de famílias encontradas – é igual ao valor dos estimadores Jackknife e Chao, admite-se que o esforço de amostragem e o método de captura são adequados e foram suficientes

para se coletar todas as famílias de Collembola estimadas para as áreas estudadas.

Desse modo, as curvas acumulativas para as fitofisionomias estudadas, elaboradas com base nas amostras, mostram que as curvas dos estimadores Jackknife I e Chao I atingiram assíntota, demonstrando que a riqueza de famílias de Collembola observada (Sobs), proveniente das amostras coletadas, equivale ao número de famílias estimadas para cada fitofisionomia estudada (Figura 9).

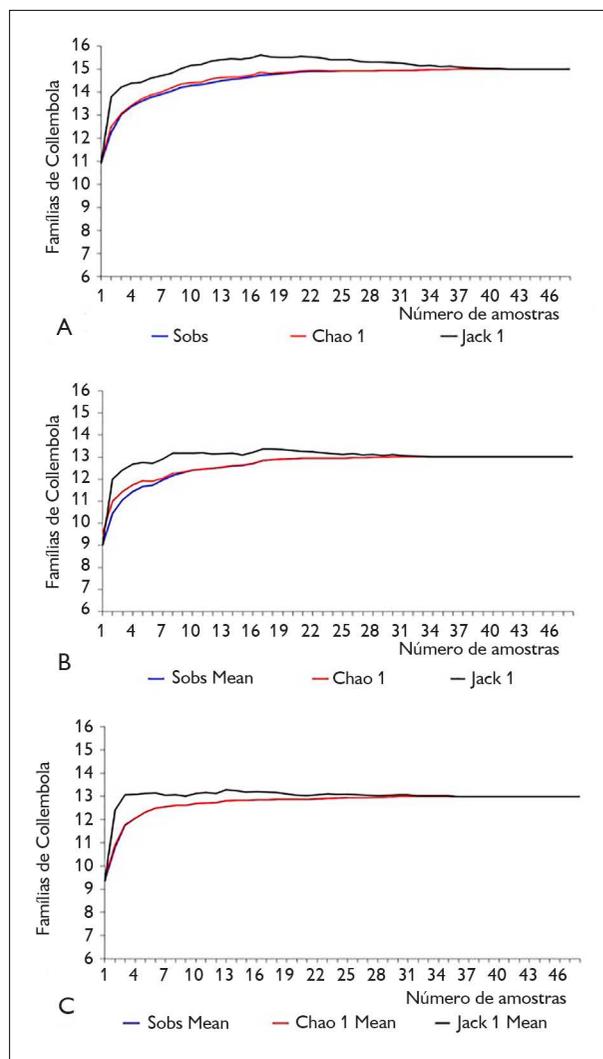


Figura 9. Curvas cumulativas das famílias de Collembola coletadas no município de Santa Bárbara, Pará, nas fitofisionomias floresta primária (A), monocultura de dendê (B) e sistema agroflorestal (C).

## CONCLUSÃO

Este estudo gerou informações pioneiras sobre a diversidade da fauna edáfica, com ênfase na colembofauna, para as fitofisionomias de mata primária, plantação de dendê e sistema agroflorestal no município de Santa Bárbara, Pará, as quais podem ser utilizadas na avaliação de programas de conservação e recuperação de ecossistemas amazônicos.

Nas fitofisionomias estudadas, é perceptível uma variabilidade das famílias de Collembola, com maior abundância das famílias Paronellidae e Neanuridae na floresta primária, enquanto que, nos ambientes de plantação de dendê e SAF, as famílias Isotomidae e Paronellidae foram as mais abundantes. Isso foi perceptível também para os dois períodos de estudo (chuvoso e menos chuvoso), observando-se, para o período chuvoso, as famílias Paronellidae e Neanuridae como as mais predominantes na floresta, Sturmiidae e Paronellidae na plantação de dendê e Sturmiidae e Entomobryidae no SAF, enquanto que, para o período menos chuvoso, observou-se na fitofisionomia de floresta primária as famílias Paronellidae e Entomobryidae, e na plantação de dendê e no SAF, as famílias Paronellidae e Isotomidae.

Isso demonstra fortemente que cada fitofisionomia pode apresentar grande mudança quanto à distribuição, à abundância e à diversidade de famílias de colêmbolos, o que pode ser interpretado como resposta biológica desses organismos edáficos aos ambientes de cada fitofisionomia estudada.

Na análise das fitofisionomias estudadas, observou-se também que o ambiente florestado (floresta primária) apresentou maior abundância de colêmbolos durante todo o período observado, sendo, ainda, o ambiente com maior percentual de riqueza a ser descoberto (40%), enquanto que para os demais ambientes já foram encontrados quase 80% da estimativa de riqueza.

Pelo exposto, pode-se afirmar que a diversidade da fauna de Collembola pode ser considerada indicadora da qualidade ambiental, pois estes pequenos invertebrados são capazes de caracterizar a estrutura da vegetação (a partir da sua composição faunística) e as condições do solo em

diferentes ambientes, evidenciando a sua qualidade ecológica. Este estudo demonstrou a forte relação dos colêmbolos com o percentual de umidade do solo, assim como a presença dos mesmos a condições ambientais mais bem estabelecidas.

## REFERÊNCIAS

- ABRANTES, E. A., B. C. BELLINI, A. N. BERNARDO, L. H. FERNANDES, M. C. MENDONÇA, E. P. OLIVEIRA, G. C. QUEIROZ, K. D. SAUTTER, T. C. SILVEIRA & D. ZEPPELINI, 2012. Synthesis of Brazilian Collembola: an update to the species list. *Zootaxa* 2388(1): 1-22. DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2388.1.1>
- ASSAD, M. L. L., 1997. Fauna do solo. In: M. A. T. VARGAS & M. HUNGRIA (Ed.): **Biologia dos solos dos Cerrados**: 363-443. EMBRAPA, Planaltina.
- BALDISSERA, R., G. GANADE, A. BRESCOVIT & S. M. HARTZ, 2008. Landscape mosaic of *Araucaria* forest and forest monocultures influencing understorey spider assemblages in Southern in Brazil. *Austral Ecology* 33(1): 45-54. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2007.01789.x>
- BELLINGER, P. F., K. A. CHRISTIANSEN & F. JANSSENS, 2018. **Checklist of the Collembola of the World**. Disponível em: <http://www.collembola.org>. Acesso em: 12 novembro 2018.
- BROWN, G. G. & K. D. SAUTTER, 2009. Biodiversity, conservation and sustainable management of soil animals: the XV International Colloquium on Soil Zoology and XII International Colloquium on Apterygota. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 44(8): 1-9.
- CÂMARA, V. A. & E. P. OLIVEIRA, 1999. Densidade populacional e diversidade específica de Collembola em diferentes ecossistemas do município de Manacapuru-AM. *Anais da Jornada de Iniciação Científica do INPA* 8: 111-114.
- CONSOLI, R. A. G. B. & R. L. OLIVEIRA, 1994. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil**. Editora Fiocruz, Rio de Janeiro.
- COUTERON, P. & R. PÉLISSIER, 2004. Additive apportioning of species diversity: towards more sophisticated models and analyses. *Oikos* 107(1): 215-221. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2004.12766.x>
- CULIK, M. P. & D. Z. FILHO, 2003. Diversity and distribution of Collembola (Arthropoda: Hexapoda) of Brazil. *Biodiversity and Conservation* 12: 1119-1143. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1023069912619>
- DENDÊ DO PARÁ S/A (DENPASA), 2018. **História**. Disponível em: <http://denpasa.com.br/pt-br/historia/>. Acesso em: 12 novembro 2018.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA), 2013. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**: 3. ed.: 1-353. EMBRAPA, Brasília.

- FERNANDES, L. H., J. L. NESSIMIAN & M. C. MENDONÇA, 2009. Structure of Poduromorpha (Collembola) communities in "restinga" environments in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 44(8): 1033-1039. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000800036>
- FISCH, G., J. M. MARENGO & C. A. NOBRE, 1998. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazonica** 28(2): 101-126. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-43921998282126>
- GOLDSBROUGH, C. L., D. F. HOCHULI & R. SHINE, 2003. Invertebrate biodiversity under hot rocks: *habitat* use by the fauna of sandstone outcrops in the Sydney region. **Biological Conservation** 109(1): 85-93. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00139-8](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00139-8)
- GOTTELI, N. J. & R. K. COLWELL, 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. **Ecology Letters** 4(4): 379-391. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2001.00230.x>
- HOPKIN, S. P., 1997. **Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)**. Oxford University Press, Oxford.
- HUNBER, F. & F. H. REIS, 2011. Técnica alternativa para montagem de insetos em lâminas permanentes para visualização em microscopia óptica. **EntomoBrasilis** 4(1): 13-19. DOI: <https://doi.org/10.12741/ebrazilis.v4i1.112>
- KÖPPEN, W., 1936. Das geographische System der Klimate. In: W. KÖPPEN & R. GEIGER (Ed.): **Handbuch der Klimatologie**: 1-44. Gebrüder Bornträger, Berlin.
- MORAIS, J. W., F. G. L. OLIVEIRA, R. F. BRAGA & V. KORASAKI, 2013. Mesofauna. In: F. M. S. MOREIRA, J. E. CARES, R. ZANETTI & S. L. STURMER (Ed.): **O ecossistema solo**: componentes, relações ecológicas e feitos na produção vegetal: 183-200. Ed. UFLA, Lavras.
- MOREIRA, F. M. S., E. J. HUISING & D. E. BIGNELL, 2010. **Manual de biologia dos solos tropicais**. UFLA, Lavras.
- MUSSURY, R. M., S. P. Q. SCALON, A. A. GOMES, M. R. BATISTA & H. SCALON-FILHO, 2008. Flutuação populacional da mesofauna em fragmentos de mata na região de Dourados, MS. **Ciência e Agrotecnologia** 32(2): 645-650. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000200047>
- NUNES-GUTJAHR, A. L. & C. E. S. BRAGA, 2015. Análise faunística de gafanhotos *Acridoidea* da Volta Grande do Rio Xingu, área de influência direta da Hidrelétrica Belo Monte, Pará, Brasil. **Ciência Rural** 45(7): 1220-1227. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20120442>
- OLIVEIRA, A. A., 2000. Inventários quantitativos de árvores em matas de terra firme: histórico com enfoque na Amazônia brasileira. **Acta Amazonica** 30(4): 543-567.
- PONGE, J. F., S. GILLET, F. DUBS, E. FEDOROFF, L. HAESE, J. P. SOUSA & P. LAVELLE, 2003. Collembolan communities as bioindicators of land use intensification. **Soil Biology and Biochemistry** 35(6): 813-826. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(03\)00108-1](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(03)00108-1)
- RIBEIRO-TROIAN, V. R., R. BALDISSERA & S. M. HARTZ, 2009. Effects of understory structure on the abundance, richness and diversity of Collembola (Arthropoda) in Southern Brazil. **Neotropical Entomology** 38(3): 340-345. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2009000300007>
- RICHARDS, W. R., 1979. Collembola. **Memoirs of the Entomological Society of Canada** 108(Supl. S108): 300-303. DOI: <https://doi.org/10.4039/entm111108300-1>
- RODRIGUES, W., 2016. Competitividade e mudança institucional na cadeia produtiva de plantas medicinais no Brasil. **Interações** 17(2): 267-277.
- RUSEK, J., 1998. Biodiversity of Collembola and their functional role in the ecosystem. **Biodiversity & Conservation** 7: 1207-1219. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1008887817883>
- SERRANO, M. B., 2009. **Collembola como bioindicadores da qualidade do solo de áreas recuperadas da Floresta Nacional Saracá-Taquera, Porto Trombetas, PA**. Dissertação (Mestrado em Entomologia)—Universidade Federal do Amazonas/Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.
- SILVA, P. M., M. P. BERG, A. R. SERRANO, F. DUBS & J. P. SOUSA, 2012. Environmental factors at different spatial scales governing soil fauna community patterns in fragmented forests. **Landscape Ecology** 27(9): 1337-1349. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10980-012-9788-2>
- SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA (SUDAM), 1993. **Municípios paraenses**: Santa Bárbara do Pará. Governo do Estado do Pará/SEPLAN (Novos Municípios, v. 33), Belém.
- TRIPLEHORN, C. A. & N. F. JOHNSON, 2015. **Estudo dos insetos [Borro and Delong's introduction to the study of insects]**. Cengage Learning, São Paulo.
- WALLWORK, J. A., 1976. **The distribution and diversity of soil fauna**. Academic Press, London.
- ZEPPELINI, D., 2012. Collembola Lubbock, 1873. In: J. A. RAFAEL, G. A. R. MELO, C. J. B. CARVALHO, A. A. CASARI & R. CONSTANTINO (Ed.): **Insetos do Brasil**: diversidade e taxonomia: 201-211. Holos, São Paulo.
- ZEPPELINI, D. F. & B. C. BELLINI, 2004. **Introdução ao estudo dos Collembola**. Editora Universitária da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.
- ZEPPELINI, D., B. C. BELLINI, A. J. C. DUARTE & M. I. M. HERNANDEZ, 2008. Collembola as bioindicators of restoration in mined sand dunes of Northeastern Brazil. **Biodiversity and Conservation** 18: 1161-1170. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9505-2>

