

Universidade do Estado do Pará
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Mestrado



Andreza Mesquita Martins

**A fauna de Collembola e caracterização química do solo
em diferentes fitofisionomias no município de Santa
Bárbara, Pará, Brasil**

Belém
2019

Universidade do Estado do Pará
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Mestrado



Andreza Mesquita Martins

**A fauna de Collembola e caracterização química do solo
em diferentes fitofisionomias no município de Santa
Bárbara, Pará, Brasil**

Belém
2019

Andreza Mesquita Martins

A fauna de Collembola e caracterização química do solo em diferentes fitofisionomias no município de Santa Bárbara, Pará, Brasil

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Pará. Orientador(a): Profa. Dra. Ana Lúcia Nunes Gutjahr. Coorientador: Prof. Dr. Carlos Elias de Souza Braga.

Belém
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP),
Biblioteca do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, UEPA, Belém - PA.

M386f Martins, Andreza Mesquita

A fauna de Collembola e caracterização química do solo em diferentes fitofisionomias no município de Santa Bárbara, Pará, Brasil. / Andreza Mesquita Martins; Orientador Ana Lúcia Nunes Gutjahr; Coorientador Carlos Elias de Souza Braga. -- Belém, 2019.

91 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Estado do Pará, Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, Belém, 2019.

1. Solo – características – Santa Bárbara (PA). 2. Collembola. 3. Fauna. 4. Fitofisionomias. 5. Biodiversidade. 6. Qualidade ambiental. I. Gutjahr, Ana Lúcia Nunes. II. Braga, Carlos Elias de Souza. III. Título.

CDD 631.498115

Andreza Mesquita Martins

A fauna de Collembola e caracterização química do solo em diferentes fitofisionomias no município de Santa Bárbara, Pará, Brasil

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais.
Universidade do Estado do Pará.

Data da aprovação: 26/02/2019

Banca Examinadora:

_____ – Orientador(a) - UEPA

Prof. Dra. Ana Lúcia Nunes Gutjahr
Universidade do Estado do Pará – PPGCA

_____ – 1ºExaminador(a) - IEC

Prof. Dra. Veracilda Ribeiro Alves
Instituto Evandro Chagas – IEC

_____ – 2ºExaminador(a) - UEPA

Prof. Dr. José Moacir Ferreira Ribeiro
Universidade do Estado do Pará – CCNT

_____ – 3ºExaminador(a) - UEPA

Prof. Dr. Altem Nascimento Pontes
Universidade do Estado do Pará – PPGCA

_____ – Suplente - UEPA

Prof. Dr. Manuel Tavares de Paula
Universidade do Estado do Pará – PPGCA

A minha mãe, Evaneide de Oliveira Mesquita, pelo apoio durante todos os anos de minha carreira acadêmica e, em especial, no decorrer do curso de Pós-Graduação.

AGRADECIMENTOS

À Universidade do Estado do Pará (UEPA) por ofertar o Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – em nível de Mestrado Acadêmico.

Agradeço à coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais pela condução do curso. E a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa fornecida durante todo o curso.

À minha orientadora Profa. Dra. Ana Lúcia Nunes Gutjahr e ao meu co-orientador Prof. Dr. Carlos Elias de Souza Braga, por toda atenção e compreensão durante o período em que estive vinculada a esta Instituição, ajudando intelectualmente nos estudos que se referem a este trabalho, além da contribuição nos mais variados assuntos acadêmicos. Servindo como modelos de profissionais competentes.

Ao senhor Roberto Yokoyama (Diretor da Denpasa) e ao senhor Carlos de Oliveira Bentes (Assessor de Diretoria da Denpasa), por terem disponibilizado e nos recebido na área da Denpasa para que fossem realizadas as coletas de campo para a realização desta Dissertação. Assim como, ao Senhor Miranda (Presidente da Associação Expedito Ribeiro), por disponibilizar o Sistema Agroflorestal na realização deste estudo.

Ao Museu Paraense Emilio Goeldi, por ceder o laboratório de Química da Coordenação de Ciências da Terra. E ao senhor Paulo Sarmiento (Técnico responsável pelo laboratório), por ter me auxiliado e socializado seu conhecimento sobre a realização das análises químicas, necessárias para este estudo.

Aos meus pais, Evaneide de Oliveira Mesquita e Wanderley Pinheiro Martins, e aos meus irmãos Robson Tiago Mesquita Martins e Wanessa Mesquita Martins, por serem meus exemplos de vida como pessoas, sempre contribuindo com meus estudos, me incentivando e proporcionando todos os subsídios necessários para minha formação, enquanto mestranda do Curso de Pós-Graduação.

Ao companheiro, Benedito Tavares Bechara Resque Júnior, por sempre estar do meu lado nos momentos de dificuldades, que se apresentaram no decorrer do curso, sempre me apoiando e me auxiliando no desenvolvimento deste trabalho para que pudesse concluí-lo.

Ao amigo, Wilson Figueiredo de Lima, pela ajuda e disponibilidade durante as coletas de campo para a realização desta Dissertação. E as amigas, Stéphanie dos

Santos Viana Santos e Heloíza dos Santos Borges por ajudarem na triagem e quantificação do material coletado, para realização deste estudo.

Aos amigos da Coleção Zoológica Didático-Científica da UEPA e aos amigos do curso de Mestrado em Ciências ambientais da UEPA, pela amizade, companheirismo e irmandade oferecidos durante o período de duração do curso e por não medirem esforços em me ajudarem para que pudesse concluir tal trabalho.

Agradeço a Deus, pois sem a fé nele eu não teria forças para alcançar minhas metas e não seria capaz de seguir em frente na realização da minha vida acadêmica.

A todos meu humilde agradecimento.

O papel dos infinitamente pequenos é infinitamente grande.

Louis Pasteur

RESUMO

Os colêmbolos são artrópodes edáficos que possuem grande importância na ciclagem de nutrientes e sua diversidade e abundância podem ser usados como bioindicadores de qualidade do solo. O presente estudo teve como objetivo determinar a abundância e a riqueza da fauna de Collembola e as características químicas do solo em três fitofisionomias (Floresta Primária, Monocultura de Dendê e Sistema Agroflorestal), no município de Santa Bárbara, Pará. Foram realizadas quatro excursões de campo (duas no período chuvoso e duas no menos chuvoso). As amostras foram obtidas através de armadilha de pitfall, dispostas em dois transectos de 50 m, distantes 10 m entre si e que totalizaram 144 amostras. As amostras foram preservadas em álcool 70% e triagem, quantificação e identificação (ao nível de família) foram feitas sob estereomicroscópio. Houve também coleta de amostras de solo para as análises químicas, sendo estas obtidas com trado holandês, entre os dois transectos mencionados. Para a caracterização química, foram determinados o pH, Al, Ca, Mg, K, P, N, C_{org}, Fe, Cu, Zn, Mn, CTC, SB, matéria orgânica (MO), C_{microb.}, H_{microb.}, e umidade. Entre as três fitofisionomias, foram amostrados 86.770 espécimes de colêmbolos, pertencentes a 15 famílias, o que representa uma considerável diversidade taxonômica, visto que são registradas, para o Brasil, 19 famílias. No período mais chuvoso, a Floresta Primária apresentou a maior abundância de colêmbolos (n= 19.245 espécimes), enquanto que no período menos chuvoso a plantação de dendê foi a mais abundante (n= 22.322 espécimes). Dentre as famílias identificadas no estudo, notou-se maior representatividade de Paronellidae (n= 28,146), Isotomidae (n= 18.541) e Neanuridae (n= 13.757). Quanto as características químicas do solo, verificou-se uma maior qualidade do solo da Floresta durante o período chuvoso, com melhores teores de umidade (30,82%), MO (46,75 g/kg), C (27,12 g/kg), N (2,04 g/kg), e CTC (12,90 C_{mold}/Kg). No período menos chuvoso a plantação de dendê, apresentando os melhores resultados para umidade (21,73 g/kg), MO (23,98 g/kg), C (13,74 g/kg), N (1,29 g/kg) biomassa microbiana (C= 421,12 mg/kg; N= 330,26 mg/kg). Também, constatou-se uma forte relação da fauna de colêmbola com os atributos químicos do solo, com destaque para a Floresta Primária que exerceu maior influência na densidade das populações das famílias de Collembola, quando comparada com a Plantação de Dendê e o Sistema Agroflorestal, indicando com isso, que a colembofauna é fortemente influenciada pelos atributos químicos do solo e pelas diferentes fitofisionomias. Deste modo, ficou evidente a grande variabilidade de Collembola em frente as variações ambientais, que é evidenciado pelas mudanças na distribuição da abundância e da diversidade de famílias de colêmbolos, em relação as características do solo, podendo deste modo, inferir que esses animais servem como bioindicadores da qualidade do solo, em diferentes formações vegetais.

Palavras-chave: Biodiversidade; Fauna edáfica; Qualidade ambiental; Amazônia.

ABSTRACT

The Collembola are edaphic arthropods that have great importance in the nutrient cycling and their diversity and abundance can be used as bioindicators for soil quality. The present study aimed to determine the abundance and richness of Collembola fauna and soil chemical characteristics in three phytophysiognomies (Primary Forest, Monoculture of palm oil plantation and Agroforestry System), in the municipality of Santa Bárbara, Pará. Four field trips were conducted (two in the rainy season and two in the less rainy season). The samples were obtained through pitfall traps, arranged in two transects of 50 m, distant 10 m apart and totaling 144 samples. The samples were conserved in alcohol 70%, screening, quantification, and identification (at the family level) were conducted with a stereomicroscope. Soil samples were also collected for the chemical analyzes, which were obtained with a Dutch auger, between the two transects mentioned. For the chemical characterization, such as pH, Al, Ca, Mg, K, P, N, C_{org}, Fe, Cu, Zn, Mn, CTC, SB, organic matter (OM), C_{microb.}, H_{microb.}, and humidity was determined. Among the three phytophysiognomies, 86,770 specimens were sampled from 15 families, representing a considerable taxonomic diversity, since 19 families are registered in Brazil. In the rainy season, the primary forest had the highest abundance of Collembola (n = 19,245 specimens), while in the less rainy period palm oil plantation showed the highest abundance (n = 22,322 specimens). Among the families identified in the study, Paronellidae (n = 28,146), Isotomidae (n = 18,541) and Neanuridae (n = 13,757) were more representative. With regard to the chemical characteristics of the soil, it was verified a higher soil quality of the Forest during the rainy season, with increased humidity (30.82%), MO (46.75 g / kg), C (27.12 g / kg), N 2.04 g / kg), and CTC (12.90 mol / kg). In the less rainy period the palm oil plantation presented the best results for humidity (21.73 g/kg), MO (23.98 g/kg), C (13.74 g/kg), N (1.29 g/kg) microbial biomass (C= 421.12 mg/kg; N= 330.26 mg/kg). It was also observed a strong relation of the fauna of collembola with the chemical attributes of the soil, with emphasis on the Primary Forest that exerted greater influence on the population density of the families of Collembola when compared to the palm oil plantation and the Agroforestry System, indicating that the colembofauna is strongly influenced by the chemical attributes of the soil and the different phytophysiognomies. Thus it was evident, that the great variability of Collembola was due to environmental variations, which is evidenced by the changes in the distribution of the abundance and the diversity of families of collembolas, in relation to the characteristics of the soil, being able to infer that these animals serve as bioindicators of soil quality in different vegetable formations.

Keywords: Biodiversity; Edaphic fauna; Environmental Quality; Amazonia.

LISTA DE TABELAS (Artigo 1)

Tabela 1	Tabela 1 – Famílias, abundância (N) e frequência relativa (percentual:%) de colêmbolos por fitofisionomia (Floresta Primária, Monocultura de Dendê e Sistema Agroflorestal - SAF), inventariados em Santa Bárbara, Pará.	18
Tabela 2	Famílias, abundância e percentual de Collembola por período chuvoso e menos chuvoso. na Floresta Primária, Dendezal (monocultura de dendê) e Sistema Agroflorestal (SAF), coletados em Santa Bárbara, Pará.	19
Tabela 3	Tabela 3 – índices de diversidade Shanon-Wiener (H'), equitabilidade de Pielou (J) e dominância de Simpson por fitofisionomia, no município de Santa Bárbara, Pará.	24

LISTA DE TABELAS (Artigo 2)

Tabela 1	Autovalores da Análise de Componentes Principais (ACP), percentual de variância explicada e autovalores do componente <i>Bootstrap</i> (nível de significância 95%), por componente, para os atributos químicos do solo extraídos nas fitofisionomias estudadas, no município de Santa Bárbara do Pará.	41
Tabela 2	Autovalores da Análise de Correspondência Canônica (ACC), percentual de correlação (covariância) explicada e probabilidade (nível de significância $p < 0,05$) por Eixo, para a relação das variações dos atributos químicos (variáveis ambientais) e com as variáveis bióticas (famílias de Collembola), no município de Santa Bárbara do Pará.	45
Tabela 3	Famílias, abundância e percentual de Collembola por período chuvoso e menos chuvoso, na Floresta Primária, Dendezal (monocultura de dendê) e Sistema Agroflorestal (SAF), coletados em Santa Bárbara, Pará.	47
Tabela 4	Valores médios dos atributos químicos do solo na camada de 0-20 cm, seguidos da mesma letra nas linhas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$), nos sistemas de floresta primária (FP), plantação de dendê (PD) e sistema agroflorestal (SAF), no município de Santa Bárbara, PA.	48

LISTA DE FIGURAS (Artigo 1)

Figura 1	Localização do município de Santa Barbara, Pará, e pontos de coleta em cada área de estudo.	12
Figura 2	Fitofisionomias estudadas: A – Floresta Primária; B – Plantação de Dendê; C – Sistema Agroflorestal-SAF, no município de Santa Barbara, Pará.	13
Figura 3	Desenho amostral da área de estudo com seus respectivos pontos de coleta.	14
Figura 4	Aspecto da armadilha de Pitfall, instalada em campo, no ambiente de mata primária na DENPASA S/A.	15
Figura 5	Variáveis ambientais obtidas para o município de Santa Barbara Pará, em 2018: A - Temperatura, e índice pluviométrico, obtidos por média de dados do INMET. B - Umidade do solo nas três fitofisionomias estudadas (0-20 cm).	21
Figura 6	Abundância de Collembola nos períodos chuvoso e menos chuvoso nas fitofisionomias Floresta Primária, Dendezal e SAF, coletados em Santa Bárbara, Pará, em 2018.	23
Figura 7	Similaridade das famílias de Collembola em diferentes fitofisionomias, no município de Santa Bárbara, Pará.	26
Figura 8	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).	27

LISTA DE FIGURAS (Artigo 2)

Figura 1	Localização do município de Santa Bárbara, Pará, e pontos de coleta em cada área de estudo.	36
Figura 2	Gráfico de autovalores (%) da Análise de Componentes Principais (ACP) indicando os componentes significativos (1 e 2) e não significativo (3 a 11), para os atributos químicos do solo extraídos nas fitofisionomias, no município de Santa Bárbara do Pará.	42
Figura 3	Gráfico da Análise de Componentes Principais (ACP) indicando a variância (variabilidade) nos dados dos componentes 1 e 2 e correlação das variáveis ambientais (atributos químicos do solo) por fitofisionomia, Floresta Primária, Dendezal e Sistema Agroflorestal (SAF), nos períodos chuvoso e menos chuvoso. FC 1 (Floresta, período chuvoso, 1ª coleta); FC 2 (Floresta, período chuvoso, 2ª coleta); FMC 1 (Floresta, período menos chuvoso, 1ª coleta); FMC 2 (Floresta, período chuvoso, 2ª coleta); DC 1 (Dendezal, período chuvoso, 1ª coleta); DC 2 (Dendezal, período chuvoso, 2ª coleta); DMC 1 (Dendezal, período menos chuvoso, 1ª coleta); DMC 2 (Dendezal, período menos chuvoso, 2ª coleta); SC 1 (SAF, período chuvoso, 1ª coleta); SC 2 (SAF, período chuvoso, 2ª coleta); SMC 1 (SAF, período menos chuvoso, 1ª coleta); SMC 2 (SAF, período menos chuvoso, 2ª coleta).	43
Figura 4	Correlação dos atributos químicos do solo, na Análise de Componentes Principais (ACP), extraídos nas fitofisionomias, no município de Santa Bárbara do Pará.	44
Figura 5	Gráfico da Análise de Correspondência Canônica (ACC), com escalonamento tipo 2, indicando a covariância (variabilidade) nos dados dos componentes 1 e 2 e correlação das variáveis ambientais por fisionomia, Floresta, Dendezal e Sistema Agroflorestal (SAF), nos períodos chuvoso e menos chuvoso. FC 1 (Floresta, período chuvoso, 1ª coleta); FC 2 (Floresta, período chuvoso, 2ª coleta); FMC 1 (Floresta, período menos chuvoso, 1ª coleta); FMC 2 (Floresta, período chuvoso, 2ª coleta); DC 1 (Dendezal, período chuvoso, 1ª coleta); DC 2 (Dendezal, período chuvoso, 2ª coleta); DMC 1 (Dendezal, período menos chuvoso, 1ª coleta); DMC 2 (Dendezal, período menos chuvoso, 2ª coleta); SC 1 (SAF, período chuvoso, 1ª coleta); SC 2 (SAF, período chuvoso, 2ª coleta); SMC 1 (SAF, período menos chuvoso, 1ª coleta); SMC 2 (SAF, período menos chuvoso, 2ª coleta).	46

Sumário

1	INTRODUÇÃO (GERAL)	1
1.1	REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO (GERAL)	4
	CAPITULO I	8
	Caracterização da fauna de Collembola em diferentes formações vegetais no município de Santa Bárbara do Pará	8
	RESUMO	9
	ABSTRACT	9
	INTRODUÇÃO	10
	MATERIAL E MÉTODOS	11
	RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
	CONCLUSÃO	27
	REFERÊNCIAS	28
	CAPITULO II	32
	Características ecológicas de Collembola e atributos químicos do solo em diferentes fitofisionomias no município de Santa Bárbara do Pará	32
	RESUMO	33
	ABSTRACT	33
	INTRODUÇÃO	34
	MATERIAL E MÉTODOS	35
	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
	CONCLUSÃO	52
	REFERÊNCIAS	53
	CAPITULO III	56
	Cartilha Educativa: “Importância ambiental dos colêmbolos na Natureza”	56
2	CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
3	ANEXOS	69

1 INTRODUÇÃO GERAL

Os colêmbolos pertencem ao grupo basal Hexapoda, devido possuir seis pernas (KRISTENSEN, 1981). A classificação Hexapoda divide-se em dois grupos, os Entognatha e Ectognatha. O primeiro grupo reúne as classes Collembola, Protura e Diplura e os Ectognatha correspondem aos demais Hexapoda (KRISTENSEN, 1981; HENNING, 1981), cujos representantes são os insetos, que pertencem a classe Insecta. A condição entognata é devido às mandíbulas e maxilas do aparelho bucal destes animais, estarem completamente embutidos na caixa cefálica, dentro da cavidade bucal (ZEPPELINI; BELLINI, 2004).

Filogeneticamente, Collembola pode também ser um grupo monofilético de microartrópodes (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2005), que frequentemente, estão incluídos entre outros hexápodes basais, fracamente agrupado com Protura em Ellipura, ou constituindo sozinho o grupo irmão de Insecta e Diplura (GULLAN; CRANSTON, 2007). Entretanto, a posição filogenética de Collembola como Hexapoda não insetos ainda é incerta e dados moleculares e ontogenéticos sugerem um maior grau de parentesco dos colêmbolos com 'Crustacea' do que com Hexapoda (GIRIBET et al. 2004).

A palavra Collembola, é derivada do grego *Kolla*: que significa cola ou grude e *Enbolou*: que significa êmbolo ou pino, que juntas significam "projeção que adere ao substrato". Esses nomes fazem referência ao colóforo, uma estrutura localizada na parte ventral do corpo dos colêmbolos, também denominada de tubo ventral, que é responsável pela absorção de água e por manter o animal aderido ao substrato em que se encontra (ZEPPELINI; BELLINI, 2004).

Estes artrópodes possuem geograficamente distribuição cosmopolita, vivendo inclusive em desertos, regiões glaciais, zonas costeiras ou mesmo dentro de cavernas (ZEPPELINI, 2012). Apesar de habitarem diversos tipos de ambientes, estes animais estão entre os artrópodes terrestres mais abundantes na natureza (HAWES et al., 2006; HOPKIN, 1997). Quanto a isso, é sabido que as populações de Collembola são muito grande chegando a 100.000/m² (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2011), sendo por isso reconhecidos como um dos principais e mais importantes grupo que compõem a fauna edáfica.

Os Collembola apresentam corpo alongado ou globoso, revestido com cerdas (pelos) ou escamas. Em geral, são de cor esbranquiçada, escura, amarela verde, entre

outras, e muitos têm cores brilhantes ou metálicas. O corpo é dividido em cabeça, tórax, e abdome, sendo este último formado por seis segmentos, que apresentam estruturas importantes como os apêndices ventrais medianos, que são o tubo ventral, o tenáculo e a fúrcula (BUZZI, 1993). Os colêmbolos apresentam três pares de pernas, não possuem asas, todas as espécies deste grupo possuem antenas, e a maioria destes artrópodes são caracterizados por apresentarem a “fúrcula” (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2011), que é um apêndice importante na locomoção dos colêmbolos (Figura 1).



Fonte: AUTORES, 2018

Figura 1 – Espécime de Collembola, representante da Família Entomobryidae coletado em Santa Bárbara, Pará.

Estes artrópodes terrestres podem variar de 0,2 a 3 mm de tamanho, e estão divididos em cinco grupos. Os grupos mais basais, Entomobryomorpha e Poduromorpha, apresentam corpo alongado e claramente segmentado, já os dois grupos mais derivados, Symphypleona e Neelipleona apresentam corpo globoso com fusão de segmentos, e o quinto grupo Metaxypleona têm aparência poduromorfa e cabeça hipognata (ZEPPELINI, 2012).

Já foram descritas aproximadamente 8.300 espécies de Collembola no mundo todo (BELING et al., 2018). No Brasil, são reconhecidas e válidas 287 espécies, pertencentes a 19 famílias e 94 gêneros. A maior diversidade de colêmbolos conhecida no país, é encontrada no Rio de Janeiro, seguida por Amazonas, Espírito Santo e São Paulo (ABRANTES et al., 2012), sendo portanto, um grupo de artrópodes que necessita ser melhor estudado no Brasil.

A fauna de Collembola é de grande importância para o meio ambiente, pois ao se alimentar da matéria orgânica morta e de microorganismos edáficos, atua efetivamente na ecologia microbiana do solo e na fertilidade, através de sua influência sobre os microorganismos, na decomposição e na ciclagem de nutrientes, se caracterizando como importantes habitantes dos solos em todo o mundo (HOPKIN, 1997; LARINK, 1997). Ressalta-se que também existem espécies que se alimentam de fluidos e suas peças bucais são semelhantes a estiletos ou, que são carnívoras, que se alimentam de outros pequenos invertebrados (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2015).

A importância desses artrópodes na ciclagem de nutrientes no solo, deve-se principalmente ao fato de que algumas populações destes invertebrados atuarem como controladores da biomassa de fungos, podendo também consumir bactérias, detritos vegetais e animais (CASSAGNE et al., 2003). Estes invertebrados dificilmente podem se tornar pragas em jardins ou na agricultura (MIRANDA-RANGEL; PALACIOS-VARGAS, 1992), embora exista o registro de que a espécie *Sminthurus viridis* (L.) seja a única espécie causadora de danos em plantações de alfafa na Austrália (ZEPPELINI, 2012).

Por serem mais numerosos e melhores distribuídos no solo, os colêmbolos servem de alimento para vários outros artrópodes, sendo por isso, importantes por sustentar inúmeras cadeias tróficas, especialmente as de Arachnida e Insecta. Vale ressaltar, que alguns colêmbolos podem ser importantes como descontaminantes ambientais, em decorrência de poderem metabolizar o DDT (pesticida dicloro-difenil-tricloroetano), que se encontre em solos de agricultura, quando em concentrações moderadas. Portanto, são importantes para recuperação de solos contaminados, por fazerem biorremediação devido a sua resistência a metais pesados e outros agentes poluentes (ZEPPELINI, 2012).

A diversidade e a abundância de colêmbolos nos ambientes podem ser usadas como bioindicadoras da qualidade do solo, quando frente a intervenções antrópicas (CUTZ-POOL et al., 2007). Por isso, se torna mais evidente e reconhecido o valor potencial dos colêmbolos como indicadores biológicos da qualidade do solo e da saúde dos ecossistemas (STORK; EGGLETON, 1992; VAN STRAALLEN, 1997).

Vários grupos de artrópodes podem ser utilizados na avaliação da qualidade ambiental, como bioindicadores, principalmente os que habitam o solo (BOHAC, 1999; STORK; EGGLETON, 1992). Entretanto, Collembola se destaca entre os táxons mais utilizados, por ser mais eficiente, pois são organismos que respondem sensivelmente

às modificações do solo, e por serem altamente diversificados em riqueza de espécies (OLIVEIRA; DEHARVENG, 1995).

Estudos sobre modificações nas comunidades edáficas pode auxiliar na compreensão e medir as consequências das perturbações ocasionadas nos ecossistemas (POMPÊO et al., 2016). Com o uso indiscriminado do solo, e a intensificação da exploração dos recursos naturais, que podem implicar em perdas significativas para os ecossistemas, pode-se considerar que a perda de matéria orgânica, a erosão, contaminação do solo, contaminação das águas subterrâneas (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007), ocasionam danos e alteração na diversidade e riqueza de organismos edáficos, do qual a fauna de colêmbolos faz parte.

Outros fatores que afetam a composição e a abundância da colembofauna em determinadas áreas, estão relacionadas com a mudança no clima, pH, umidade, além do surgimento de substâncias que compõem pesticidas e/ou metais (CASSAGNE et al., 2004; BELLINI; ZEPPELINI, 2009).

A atuação dos colêmbolos no solo, por meio da estimulação da atividade microbiana, pode contribuir não somente na fertilidade do solo, mas também, na distribuição de esporos de espécies fúngicas, na devolução de íons ao solo para absorção vegetal, e na inibição de fungos e bactérias causadoras de doenças em plantas (SAUTTER; SANTOS, 1991).

Contudo, é sabido que a fauna de Collembola tem papel importante na avaliação das atividades provenientes de ações humanas, exercendo uma propriedade indicativa para monitorar a qualidade do solo. Pelo exposto, o presente trabalho pretendeu relacionar a abundância e a riqueza da fauna de Collembola com os atributos químicos do solo em diferentes fitofisionomias no município de Santa Bárbara, Pará, com o intuito de identificar se a colembofauna consegue indicar a qualidade ambiental em diferentes tipos de formações vegetais, assim como, determinar as características químicas dos ambientes, com a intenção de identificar o melhor solo em condições biológicas e químicas.

1.1 REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

ABRANTES, E. A. BELLINI, B. C.; BERNARDO, A. N.; FERNANDES, L. H.; MENDONÇA, M. C.; OLIVEIRA, E. P.; QUEIROZ, G. C.; SAUTTER, K. D.; SILVEIRA, T. C; ZEPPELINI, D. Errata Corrigenda and update for the "Synthesis of Brazilian Collembola: an update to the species list." Abrantes et al. (2010), *Zootaxa* 2388: 1-22. *Zootaxa* 3168: 1-21. 2012.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores Biológicos de Qualidade do Solo. **Bioscience Journal**, v. 23, n.3, p. 66-75, 2007.

BELLINI, B. C.; ZEPPELINI, D. Registros da fauna de Collembola (Arthropoda, Hexapoda) no Estado da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, n.3, p. 386–390, 2009.

BELLINGER, P. F.; CHRISTIANSEN, K. A.; JANSSENS, F. **Collembola of the World**. Disponível em: <<http://www.collembola.org>>. Acesso em: 12 de novembro de 2018.

BOHAC, J. Staphylinid beetles as bioindicators. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 74:357-372. 1999.

BUZZI, J. Y. 1993. **Entomologia Didática**. 2ª edição. Curitiba, Editora da UFPR. 295p.

CASSAGNE, N.; GERS, C.; GAUQUELIN, T. Relationships between Collembola, soil chemistry and humus types in forest stands. **Biology and Fertility of Soils** 37: 355–361. 2003.

CASSAGNE, N.; BAL-SERIN, M. C.; GERS, C.; GAUQUELIN, T. Changes in humus properties and collembolan communities following the replanting of beech forests with spruce. **Pedobiologia**, V. 48, p. 267–276, 2004.

CUTZ-POOL, L. Q.; PALACIOS-VARGAS, J. G.; CASTAÑO-MENESES, G.; GARCÍA-CALDERÓN, N. E. Edaphic Collembola from two agroecosystems with contrasting irrigation type in Hidalgo State, México. **Appl. Soil Ecol.**, 36:46-52, 2007.

GIRIBET, G.; EDGECOMBE, G. D.; CARPENTER, J. M.; D'HAESE, C. A.; WHEELER, W. C. Is Ellipura monophyletic? A combined analysis of basal hexapod relationships with emphasis on the origin of insects. **Org. Divers. Evol.** 4:319-340. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ode.2004.05.001>. 2004.

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. Os insetos: um resumo de entomologia. 3rd ed. **Roca**, São Paulo. 2007.

HAWES, T. C., COULDRIDGE, C. E., BALE, J. S., WORLAND, M. R. & CONVEY, P. Habitat temperature and the temporal scaling of cold hardening in the high Arctic collembolan, *Hypogastrura tullbergi* (Schäffer). **Ecological Entomology**, 31: 450-459. 2006.

HENNING, W. *Insect Phylogeny*. John Wiley & Sons, **New York**. 514p.1981.

HOPKIN, S. P. Biology of the Springtails (Insecta: Collembola). **Oxford University Press**, Oxford, UK. 1997.

KRISTENSEN, N.P. Phylogeny of insect orders. **Annual Review of Entomology**, 26, 135-157. 1981.

LARINK, O. Springtails and mites: important knots in the food web of soils. In: BENCKISER, G. (ed.), **Faunain Soil Ecosystems: Recycling Processes, Nutrient Fluxes, and Agricultural Production**. Marcel Dekker, New York, pp.225–264. 1997.

MIRANDA-RANGEL, A.; G. PALACIOS-VARGAS. Estudio Comparativo de las comunidades de colémbolos edáficos de bosque de Abies religiosa y cultivo de haba (Vicia faba). **Agrociencia**, Serie Protección Vegetal. 3(3): 25-29. 1992.

SAUTTER, K. D.; SANTOS, H.R. Insetos bioindicadores na recuperação de solos. **Ciência Hoje**, 12(72): 20-21.1991.

STORK N. E.; EGGLETON, P. Invertebrates as indicators of soil quality. **American Journal of Alternative Agriculture** 7: 38–47.1992.

VAN STRAALLEN, N.M. Community structure of soil arthropods as a bioindicator of soil health. In: Pankhurst C.E., Doube B.M. and Gupta V.V.S.R. (eds), **Biological Indicators of Soil Health**. CAB International, Wallingford, UK, pp. 235–264. 1997.

OLIVEIRA, E. P.; DEHARVENG, L. Response of Soil Collembola (Insecta) Community to Forest Disturbance in Central Amazonia Brazil. In: Bellan, D.; Bonin, G.; Emig, C. (Org.). **Functioning and dynamics of natural and perturbed ecosystems**, France, p. 361-376. 1995.

POMPÊO, P. N. SANTOS, M. A. B.; BIASI J. P.; SIQUEIRA, S.; SIQUEIRA, F.; ROSA, M. G.; BARRETA, C. R. D. M. BARETTA, D. Fauna e sua relação com atributos edáficos em Lages, Santa Catarina–Brasil. **Scientia Agraria**, v. 17, n.1, p. 42-51, 2016.

TRIPLEHORN, C. A. & JOHNSON, N.F. Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. 7th ed. **Thomson Brooks/Cole**, Belmont. 2005.

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. Estudo dos Insetos. Tradução da 7^o edição de Borro and DeLong's introduction to the study of insects. **Cengage Learning**. São Paulo, 2011.

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. Estudo dos Insetos - Tradução da 7^a edição de Borror and DeLong's Introduction to the study of insects 2^a edição brasileira. 2. ed. São Paulo: **Cengage Learning**, p. 170–177. 2015.

ZEPPELINI, D. F. & B. C. BELLINI. Introdução ao estudo dos Collembola. Editora Universitária: **Universidade Federal da Paraíba**. 82 p. João Pessoa, Paraíba, 2004.

ZEPPELINI, D. Collembola Lubbock, 1873. In: RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B.; CASARI, A. A.; CONSTANTINO, R. **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. –Editora: Holos, São Paulo, 2012.

Composição da Dissertação

Esta dissertação está estruturada de acordo com as normas do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) da UEPA. Assim, os resultados deste estudo estarão expressos nos seguintes capítulos:

Capítulo I

Artigo 1: Caracterização da fauna de Collembola em diferentes formações vegetais no município de Santa Bárbara do Pará

Capítulo II

Artigo 2: Características ecológicas de Collembola e atributos químicos do solo em diferentes fitofisionomias no município de Santa Bárbara do Pará

Capítulo III

Cartilha Educativa: “Importância ambiental dos colêmbolos na Natureza”

Capítulo I

CARACTERIZAÇÃO DA FAUNA DE COLLEMBOLA EM DIFERENTES FORMAÇÕES VEGETAIS NO MUNICÍPIO DE SANTA BÁRBARA DO PARÁ

Normas de publicação:

Revista Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais .

Data da Submissão: 21 de fevereiro de 2018

CARACTERIZAÇÃO DA FAUNA DE COLLEMBOLA EM DIFERENTES FORMAÇÕES VEGETAIS NO MUNICÍPIO DE SANTA BÁRBARA DO PARÁ

Andreza Mesquita Martins. Universidade do Estado do Pará; Ana Lúcia Nunes Gutjahr .
Universidade do Estado do Pará; Carlos Elias de Souza Braga. Universidade do Estado do Pará.

Collembola é a ordem de pequenos artrópodes hexápodes que apresenta grande importância na ciclagem de nutrientes no solo e que podem exercer propriedade indicativa para monitorar a qualidade do solo. O presente estudo teve como objetivo determinar a abundância e a riqueza da fauna de Collembola, relacionando as seguintes fitofisionomias: floresta primária, plantação de dendê e sistema agroflorestal (SAF) no município de Santa Bárbara, Pará. Foram realizadas quatro coletas de campo, duas na estação chuvosa e duas na menos chuvosa, sendo determinada uma área de 50x25 m, possibilitando dois transectos de 50 m onde foram estabelecidos 12 pontos de amostragem, com uma distância de 10m entre cada ponto. As amostras foram obtidas através da armadilha de pitfall, que totalizaram 144 amostras. Todas as amostras foram preservadas em álcool 70% e a triagem, identificação e quantificação dos colêmbolos foram feitas com auxílio de um estereomicroscópio, e a identificação foi ao nível de família. Nas fitofisionomias estudadas foram coletados um total de 86.770 espécimes de colêmbolos, pertencentes a 15 famílias. Os resultados mostram que a maior abundância de colêmbolos foi na floresta primária, com 19.245 espécimes no período mais chuvoso, enquanto que no período menos chuvoso, a plantação de dendê se destacou, com 22.322 espécimes. Observa-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 de famílias da collembofauna, e também gerou informações pioneiras sobre a abundância e riqueza dos grupos taxonômicos da fauna desses invertebrados, nas três fitofisionomias estudadas.

Palavras-chave: Biodiversidade, Artrópodes edáficos; Hexapoda; Mesofauna edáfica.

CHARACTERIZATION OF THE FAUNA OF COLLEMBOLA IN DIFFERENT VEGETATION TYPES IN SANTA BÁRBARA IN THE STATE OF PARÁ

Andreza Mesquita Martins. Universidade do Estado do Pará. Ana Lúcia Nunes Gutjahr .
Universidade do Estado do Pará. Carlos Elias de Souza Braga. Universidade do Estado do Pará.

ABSTRACT

Collembola is the order of small hexapod arthropods that presents great importance in the cycling of nutrients in the soil and that can exert indicative property to monitor soil quality. The present study had the purpose to determine the abundance and richness of the Collembola fauna, relating the following phytophysiognomies: primary forest, dendê planting and agroforestry system (SAF) in Santa Bárbara, Pará. Four field samples were collected, two in the rainy season and two in the less rainy season, being determined an area of 50x25 m, allowing two transects of 50 m where were established 12 points of sampling, with a distance of 10m between each point. The samples were obtained through the pitfall trap, which totaled 144 samples. All the samples were preserved in 70% alcohol and the colloid identification, identification and quantification were done using a stereomicroscope, and the identification was at the family level. In the studied phytophysiognomies, a total of 86,770 specimens were collected from 15 families. The results

showed that the highest abundance of collembods was in the primary forest, with 19,245 specimens in the rainy season, while in the less rainy period, the palm plantation stood out with 22,322 specimens. It is observed that the greatest wealth of families occurred in the primary forest environment, with the most representative being Paronellidae and Neanuridae, with 17,145 and 9,545 specimens, respectively. The study showed great variability of the families of the collembofauna, and also generated pioneering information on the abundance and richness of the taxonomic groups of Collembola fauna, in the three phytophysiognomies studied.

Keywords: Biodiversity, edaphic arthropods; Hexapoda; Edaphic mesofauna.

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). Dentro da fauna, destacam-se os organismos edáficos que promovem no solo a manutenção da capacidade produtiva, auxiliando na decomposição e 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 uma alta representatividade dentro da fauna edáfica, mais especificamente na mesofauna (BELLINGER; CHRISTIANSEN; JANSSENS, 2018). Estes invertebrados pertencem ao grupo Hexapoda, conhecidos popularmente, como “pulga-de-jardim” são considerados insetos basais (primitivos) que mantêm o padrão de tagmose corporal da classe Insecta, com subdivisão em cabeça, tórax e abdômen (ZEPPELINI; BELLINI, 2004) e fazem parte da mesofauna do solo, que se caracteriza por serem ápteros e muito pequenos, com o tamanho do corpo variando de 0,2-3,0 mm.

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, epífitas, etc. (HOPKIN, 1997; RICHARDS, 1979). Por serem pequenos, não são facilmente percebidos, mas devido 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 distribuição de bactérias e fungos edáficos e também na formação da microestrutura do solo (RUSEK, 1998; ZEPPELINI; BELLINI, 2004).

Deste 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., 2009; 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 se torna maior à medida que a quantidade e a qualidade da matéria orgânica são aumentadas (FERNANDES; NESSIMIAN; MENDONÇA, 2009; MUSSURY et al., 2008).

Como estes invertebrados apresentam sensibilidade as mudanças ambientais, como alteração no clima, temperatura, umidade, pH, composição de matéria orgânica, entre outros, eles podem ser considerados bioindicadores de qualidade ambiental. Desta forma, estudos sobre a fauna desses animais vêm sendo utilizados para avaliar estratégias de conservação, e monitoramento de ecossistemas terrestres naturais e perturbados (CULIK; ZEPPELINI, 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, distribuição, e ecologia de Collembola em diferentes ambientes (ABRANTES et al., 2010).

Pelo exposto, considera-se que a fauna de Collembola, como a mais representativa dentro da fauna edáfica, e por ter papel importante na avaliação das atividades ocasionadas pelo ser humano, pode exercer propriedade indicativa para monitorar a qualidade biológica do solo e por isso, estudos sobre a diversidade dos colêmbolos em diferentes sistemas de usos do solo, permitem identificar os sistemas que melhor conservam a qualidade do solo. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo determinar a abundância e a riqueza da fauna de Collembola, relacionando-as a três diferentes fitofisionomias; floresta primária, monocultura de dendê e sistema agroflorestal, no município de Santa Barbara, Pará.

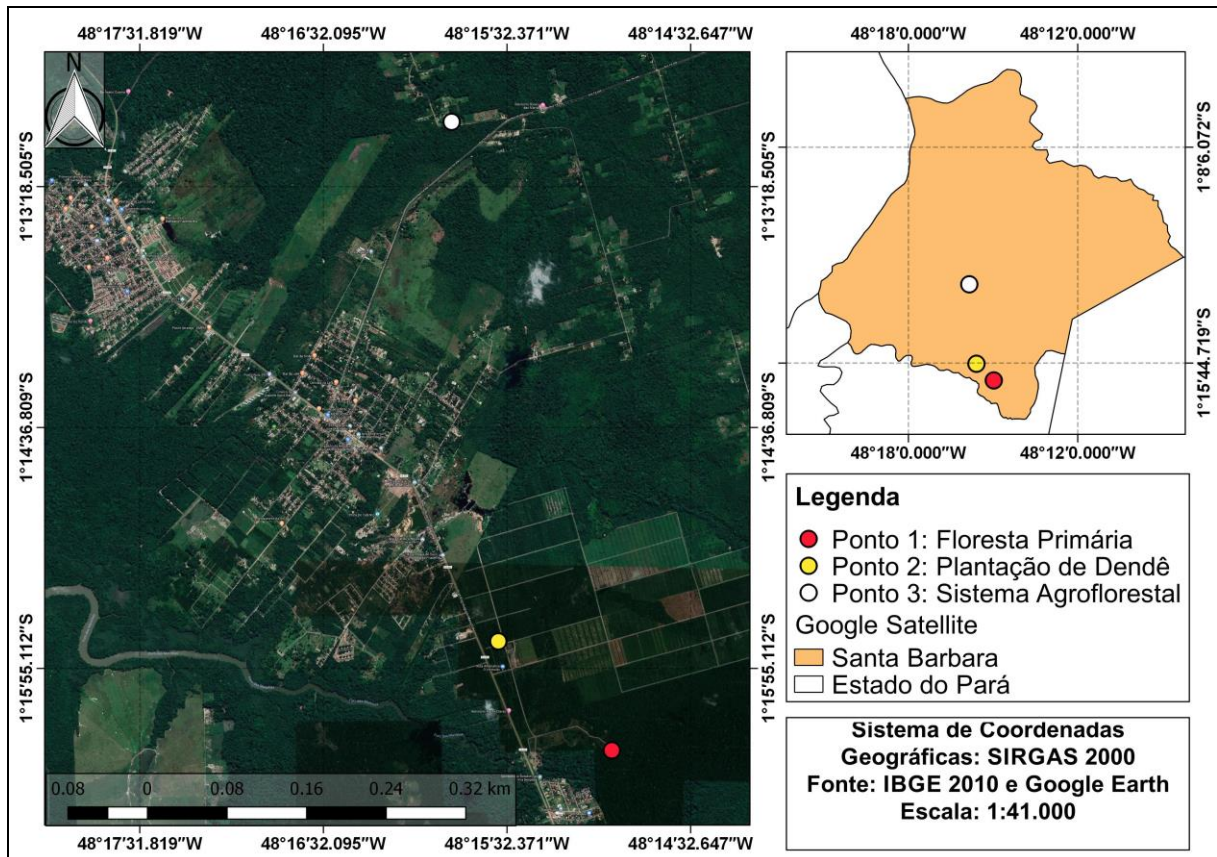
MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Para este estudo foram utilizados três diferentes fitofisionomias correspondentes a uma área de floresta primária, cultivo agrícola (Plantação de dendê) e uma área de sistema agroflorestal (SAF), todas localizadas no município de Santa Barbara, região metropolitana de Belém, Pará (Figura 1). O solo da região é classificado como predominantemente Latossolo Amarelo Distrófico Típico, com textura média (EMBRAPA, 2013). Segundo o último censo do IBGE (2010), o município de Santa Barbara possui uma área territorial de 278,154 km², 17.141 habitantes, com estimativa de 20.704 pessoas para o ano de 2018 e possui densidade populacional de 61,62 hab/km².

A topografia da região caracteriza-se por um relevo predominantemente plano, fazendo parte do planalto rebaixado da Amazônia. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima

da região é do tipo tropical úmido Afi, com índice pluviométrico anual de 2.500 e 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).



Fonte: AUTORES, 2018.

Figura 1 – Localização do município de Santa Barbara, Pará, e pontos de coleta em cada área de estudo.

A área de estudo foi escolhida, principalmente, por apresentar as fitofisionomias alvo deste trabalho dentro de uma mesma localidade, possibilitando condições ambientais para um estudo pioneiro em relação a fauna de Collembola no Município de Santa Barbara. Neste estudo, as fitofisionomias de Floresta Primária e Plantação de dendê (Figura 2 A-B) se encontravam na propriedade da empresa Dendê do Pará S/A – DENPASA, que está situada na Rodovia PA 391, Km 9,5 Estrada Belém-Mosqueiro. Esta empresa possui mais de 35 anos de funcionamento em Santa Bárbara do Pará, atuando na produção de dendê, principalmente devido a adaptabilidade dessa cultura perene, às condições edafo-climáticas da Região Norte do país (DENPASA, 2018).

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

área de estudo referente à floresta, selecionou-se um grande fragmento situado nas coordenadas 01°27'27''S; 48°24'95''W, que de acordo com a DENPASA é conservado desde o início das atividades da empresa na região, sendo, portanto considerado uma área de floresta primária, com a presença de árvores de alturas e diâmetros variados, e grande diversidade de espécies arbóreas.

Com relação à área de sistema agroflorestral (SAF), o estudo foi realizado na Associação dos Trabalhadores Rurais Agroecológico Expedito Ribeiro (ATRAER) situado nas coordenadas 01°21'60''S, 48°26'40''W (Figura 2 C), cujo o SAF é conhecido apenas como Assentamento Expedito Ribeiro, que fica na Rodovia PA 408. De acordo com o presidente da associação, este SAF foi implantado em 2012, sendo, portanto, um sistema agroflorestral jovem de apenas seis anos. Nesse SAF estão cultivadas as espécies florestais: Taperebá (*Spondias mombin* L.), Ingá (*Inga edulis*), fruta pão (*Artocarpus altilis*), ipê (*Tabebuia Alba*), freijó (*Cordia goeldiana*), castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), bacupari (*Garcinia Brasiliensis*), rambutã (*Nephelium lappaceum* L.), e mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King), sendo estes plantados com espaçamento de 10 m umas das outras. Dentre os frutos produzidos neste SAF, destacam-se a comercialização de cacau (*Theobroma cacao*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), acerola (*Malpighia glabra*), banana (*Musa*) entre outros.



Fonte: AUTORES, 2018.

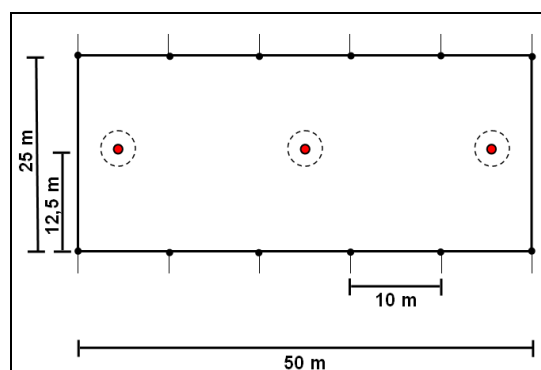
Figura 2 – Fitofisionomias estudadas: A – Floresta Primária; B – Plantação de Dendê; C – Sistema Agroflorestal-SAF, no município de Santa Barbara, Pará.

Método de coleta

Para realização deste estudo foram realizadas excursões de campo para a coleta de colêmbolos nas fitofisionomias de floresta primária, monocultura de dendê e SAF.

Para a coleta da colembofauna e do solo, foram realizadas quatro excursões de campo: duas na estação mais chuvosa (março e abril de 2018), e duas na estação menos chuvosa (julho e agosto de 2018). De acordo com Fisch et al. (1998), a região amazônica têm dois períodos distintos, que evidenciam a sazonalidade regional: período chuvoso que ocorre de dezembro a maio e o período menos chuvoso, que se estende de junho a novembro, a precipitação que ocorre na região Amazônica é evidenciada principalmente por conta da interação de diferentes mecanismos e sistemas atmosféricos, que atuam em diferentes escalas espaciais e temporais.

As coletas das amostras foram realizadas em uma área de 50x25 m, onde ficaram estabelecidos três transectos de 50 m que distavam entre si 12,5 m. Nos dois transectos da extremidade foram definidos 12 pontos de amostras (6 pontos em cada), que distavam entre 10 m e foram destinados para a coleta da colembofauna. No transecto central foram definidos três pontos destinados a coleta de solo para determinação da umidade, onde no entorno de cada ponto foram retirados aleatoriamente 3 replicas em um raio de 60 cm (Figura 3).



Fonte: AUTORES, 2018.

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 consiste em enterrar um copo plástico com a borda nivelada ao solo, contendo solução de álcool a 70%, e coberto por uma estrutura composta por palitos de madeira acoplados a um prato plástico que servia de telhado de proteção contra chuva (Figura 4). Cada armadilha permaneceu ativa no local de coleta por 72 horas. Considerando as quatro excursões de campo e que em cada ponto de amostragem, nas três fitofisionomias estudadas, foi instalada uma

armadilha de pitfall, para este estudo houve um total de 144 amostras. De acordo com Moreira et al. (2010), a armadilha pitfall é eficiente principalmente para a captura dos invertebrados que habitam o solo. A capacidade de captura da armadilha é de certa forma, uma função de sua circunferência, deste modo, é recomendada o uso deste tipo de armadilha para avaliação da atividade dos artrópodes terrestres que atua na superfície do solo.



Fonte: AUTORES, 2018.

Figura 4 – Armadilha de Pitfall, instalada em campo, na fitofisionomia de mata primária na DENPASA S/A.

Identificação dos espécimes

A identificação e a quantificação da colembofauna foram realizados com auxílio de um estereomicroscópio (lupa binocular / Coleman - NSZ 606), e com a montagem de lâminas para identificação e classificação taxonômica em nível de família, seguindo a chave de identificação COLLEMBOLA Lubbock, 1873, presente em Zeppelini, 2012.

A montagem das lâminas seguiu o protocolo de Consoli et al. (1994) adaptado por Hunber e 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 álcool 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. Para a identificação as lâminas foram analisadas sob microscópio (Leica – LAS EZ).

Coleta de amostras de solo

Com o auxílio de um trado holandês de 20 cm foi realizado a coleta de solo, para determinação da Umidade do solo em cada fitofisionomia. As amostras foram coletadas em três

profundidades 0-5 cm, 5-10 cm e de 10-20 cm de solo, estes foram acondicionados em sacos práticos e transportados 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 segundo sua profundidade, por meio de 3 replicas de solo, sendo analisado durante todo o estudo 108 amostras de solo.

Para este estudo, a Umidade do solo foi medida a partir da determinação da massa de água presente nas amostras de solo nas condições da coleta, que foi realizada com a pesagem de 10 g de solo (amostra úmida + recipiente) em Becker enumerado e acondicionadas na estufa a 105 °C, deixando as amostras nessa condição por 24 horas, em seguida retiradas da estufa, e colocou-se em dessecador, deixando esfriar, por fim pesou-se novamente as amostras (amostra seca + recipiente).

Dados Meteorológicos

Foram obtidos na plataforma do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) dados meteorológicos de temperatura e índice pluviométrico. Como o município em estudo (Santa Barbara – PA), não apresenta uma estação meteorológica, os valores foram obtidos, através da média de cada variável, considerando os municípios de Belém e Castanhal, ambos pertencentes à região metropolitana de Belém, no estado do Pará.

Análise de Dados

Os dados obtidos foram analisados para cada área estudada, quando foram determinados o índice de diversidade de Shannon-Wiener (H), considerando-se a riqueza (S) e abundância relativa (p_i) 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, sendo ainda consideradas DOMINANTES as famílias que tiverem Frequência relativa de 5% do total de espécies (táxon) inventariadas por fitofisionomia (NUNES-GUTJAHR; BRAGA, 2015).

Os valores das famílias encontradas nas diferentes fitofisionomias foram submetidos à análise de variância (teste de Anova: dois critérios), enquanto que 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 (Statistical Estimation of

species Richness and Shared Species form samples). Com este programa também foi realizada uma análise de estimativa de riqueza, para os estimadores Chao I, Chao II, e Jackknife I, que a partir dos resultados obtidos para os estimadores citados, elaborou-se a curva acumulativa de espécies, que foi gerada em função das amostras (GOTTELI; COLWELL, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o desenvolvimento deste estudo obteve-se informações pioneiras sobre a abundância e riqueza dos grupos que compõem a fauna edáfica, com ênfase em Collembola, nas três fitofisionomias estudadas, no município de Santa Barbara do Pará, visto que, este grupo da fauna de solo nunca foi estudado, neste município. No total foram coletados 86.770 espécimes, pertencentes a 15 famílias, o que representa 79% das famílias de Collembola existentes no Brasil (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2011) (Tabela 1). Entre as fitofisionomias apenas na floresta primária houve ocorrência de todas as 15 famílias, enquanto que no dendezal e no SAF foram registradas 13 famílias, respectivamente (Tabela 1). Através da análise de variância (teste de Anova: dois critérios), verificou-se que existe diferença significativa quanto à abundância das famílias de Collembola encontradas nas diferentes fitofisionomias estudadas ($p=0.0061$).

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 a abundância de colêmbolos em cada fitofisionomia, observou-se que houve também perda de abundância e, conseqüentemente, de biomassa do solo, sendo no SAF uma perda igual a 58%, em relação à floresta primária. Tal constatação é decorrente da abundância do SAF ter sido de 42%, em comparação 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, evidenciado pela frequência relativa (%) de indivíduos de cada família, nas três fitofisionomias (Tabela 1).

Na floresta primária houveram quatro famílias dominantes (Brachystomellidae, Entomobryidae, Neanuridae, Paronellidae), no dendezal cinco (Isotomidae, Neanuridae, Paronellidae, Sminthuridae, Sturmididae) e cinco no SAF (Entomobryidae, Isotomidae,

Neanuridae, Paronellidae, Sturmidae) (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 Sturmidae não foram dominantes na floresta primária, mas foram no dendezal e/ou no SAF.

Dessa forma, fica evidente a mudança de *status* ambiental das referidas famílias. Pois, de acordo com Ponge et al. (2003), a diversidade e a distribuição da comunidade de colêmbolos edáficos pode ser influenciada 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 cultivares (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 a insolação e conseqüentemente a menor umidade do solo.

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

FAMILIAS	Floresta		Dendezal		SAF		Total Geral	
	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
Kattianidae	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
Sturmidae	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	

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, e 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 e Oliveria (1999), que encontraram na floresta primária no município de Manacapuru-AM, 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).

Tabela 2 – Famílias, abundância e percentual de Collembola por período. chuvoso e menos chuvoso. na Floresta Primária, Dendzal (monocultura de dendê) e Sistema Agroflorestal (SAF), coletados em Santa Bárbara, Pará.

FAMILIAS	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
Kattianidae	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
Sturmidae	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		

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

No Sistema Agroflorestal (SAF), no período chuvoso, as famílias mais abundantes (com 66,0% 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), representantes de apenas 0,4% da colemb fauna (Tabela 2).

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

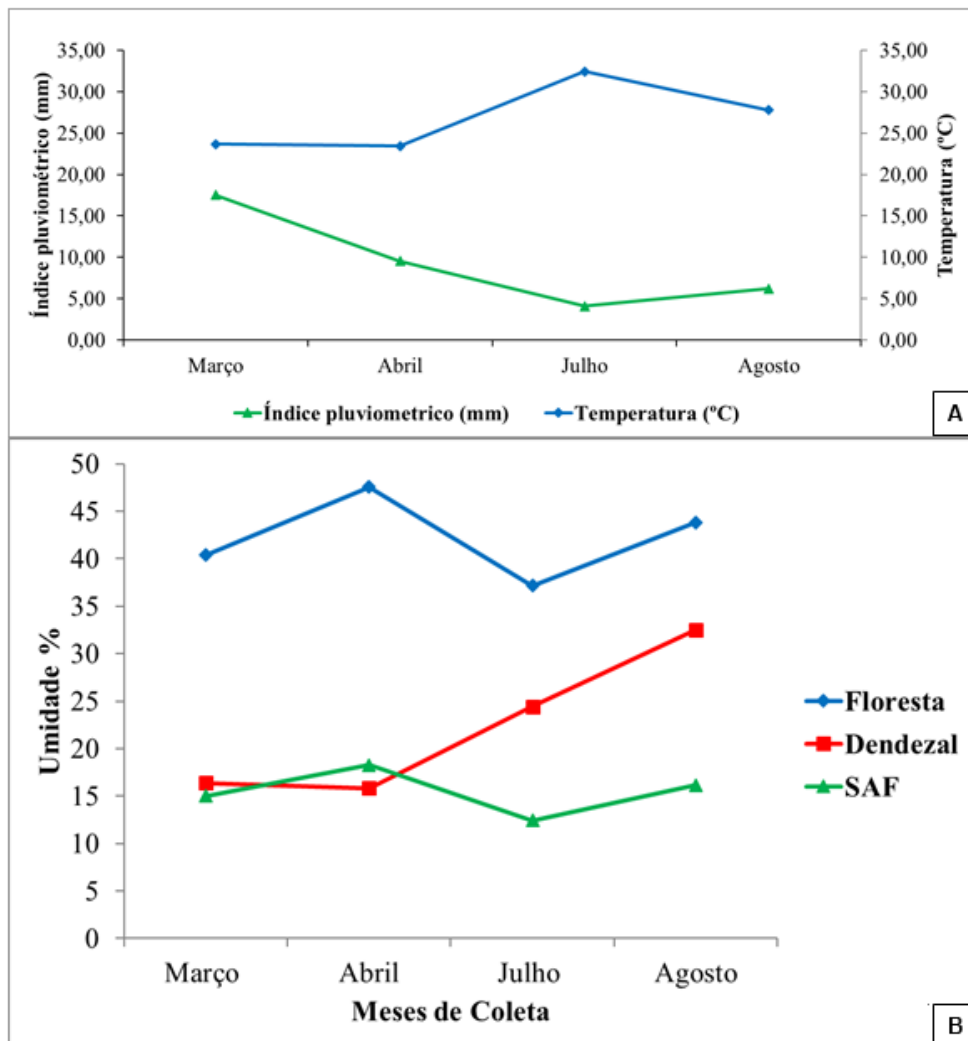
A grande abundância da família Isotomidae na área de plantação de dendê e no sistema agroflorestal, pode ter ocorrido, principalmente por se tratar de áreas que sofreram ações antrópicas, pois, segundo Serrano (2009), em seu trabalho realizado em Trombetas-PA, a família Isotomidae se mostrou adaptada às áreas que sofrem interferências antrópicas, principalmente em áreas reflorestadas. Ressalta-se que as espécies desta família por explorarem, em sua maioria, a camada mais profunda do solo, tornam-se menos vulneráveis aos predadores, diferentemente da família Entomobryidae que reúne espécies de tamanho maiores e com coloração vistosa, as quais exploram as camadas superficiais do solo, sendo por isso, mais facilmente percebidas pelos predadores e, portanto, são bastante predadas, o que ocasiona um maior controle populacional destas nos ambientes onde ocorrem.

Vale destacar que os colêmbolos pertencentes ao grupo dos Entomobryomorpha (Entomobryidae, Paronellidae, Cyphoderidae), vivem na camada superficial do solo e exploram a serapilheira, sendo por isso, classificados como um grupo exclusivamente epiedáficos (HOPKIN, 1997). Pelo exposto, a presença da família Paronellidae em todos os ambientes estudados se deve principalmente ao modo de vida deste grupo de Collembola que é o mais predominante na fauna edáfica.

Abundância de Collembola por Fitofisionomia

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

A maior abundância de colêmbolos na floresta primária pode estar relacionada, provavelmente, a presença da vegetação natural, que detém uma 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 5-A), os quais confirmam que o período chuvoso apresentou os maiores índices pluviométricos mensais para a região de estudo, possibilitando com isso uma maior umidade no solo. Deste modo, observa-se a relação do índice pluviométrico com a análise de umidade de solo feito em cada fitofisionomia, que indicou que o ambiente de floresta apresenta uma melhor condição de umidade do solo quando comparado com as outras fitofisionomias durante os meses de coleta (Figura 5-B).



Fonte: AUTORES, 2018.

Figura 5 – Variáveis ambientais obtidas para o município de Santa Barbara Pará, em 2018: A - Temperatura, e índice pluviométrico, obtidos por média de dados do INMET. B - Umidade do solo nas três fitofisionomias estudadas (0-20 cm).

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 esses pequenos 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) e fungos (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2015), os quais necessitam de umidade. Pelo exposto, fica evidente que a floresta primária, proporciona um ambiente mais propício a sobrevivência dos colêmbolos, principalmente por apresentar alta umidade no solo que possibilita a esses invertebrados, o desenvolvimento de suas atividades no solo.

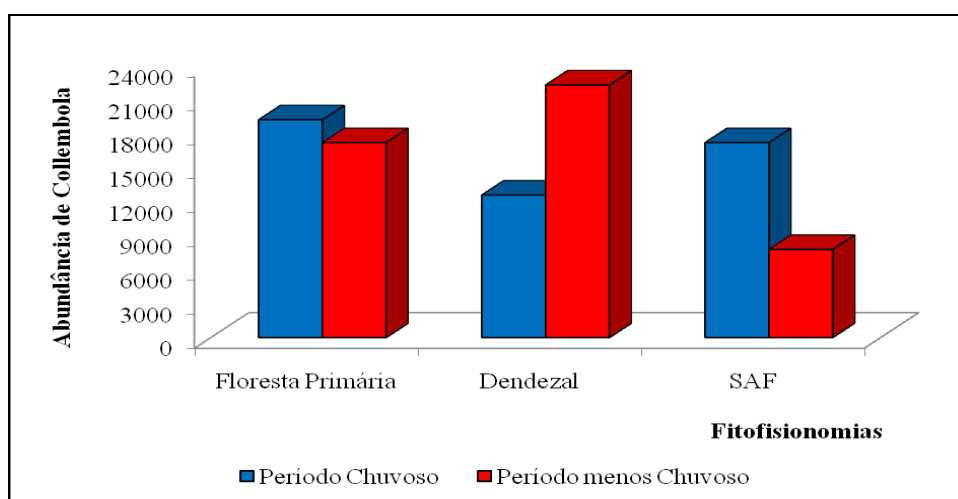
Durante o período chuvoso, nas três fitofisionomias, foram capturados 39.424 espécimes e durante o período menos chuvoso 47.346 espécimes (Tabela 2). Embora este valor seja numericamente diferente, não houve diferença significativa entre os dois períodos estudados (Teste de Mann-Whitney; $p=0.7244$). Para este período, também, observou-se que a floresta primária apresentou maior abundância de Collembola (19.245 espécimes) em relação à plantação de dendê ($n=12.600$) e o SAF ($n=7.579$). No período menos chuvoso, notou-se que a colembofauna foi mais abundante na plantação de dendê (22.322 espécimes), e menos abundante ($n=7.793$) no SAF (Tabela 2).

Em relação aos períodos chuvoso e menos chuvoso foi observado, uma menor abundância de colêmbolos na floresta primária (redução de 10,47%) e no SAF (aumento de 2,82%), entre as estações, e contrariamente no dendezal constatou-se um aumento acentuado (77,15%) na abundância de colêmbolos da estação chuvosa para a menos chuvosa (Figura 6).

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 e também encontrados no SAF, o que diminuiria a distribuição horizontal desses artrópodes no solo nesses dois ambientes, que buscam 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 temperatura do ambiente edáfico, principalmente, durante a estação menos chuvosa (GOLDSBROUGH; HOCHULI; SHINE, 2003).

A grande abundância de colêmbolos na plantação de dendê, no período menos chuvoso, pode ser devido à mesma já reunir condições ambientais estáveis com alguns micro-habitats bem estabelecidos, pois, segundo a gerência da Denpasa S/A, trata-se de uma cultura existente a 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

dendezal estudado. Quanto a isso, 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 tempo do estudo na Denpasa, foi frequente a observação de limpeza (roçagem) do subosque, entre as fileiras das palmeiras de dendê, indicando haver uma dinâmica que oscila entre ter uma vegetação de subosque e a supressão da mesma, devido à roçagem/limpeza no plantio.



Fonte: AUTORES, 2018.

Figura 6 – Abundância de Collembola nos períodos chuvoso e menos chuvoso nas fitofisionomias Floresta Primária, Dendezal e SAF, coletados em Santa Bárbara, Pará, em 2018.

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 surgimento de pequenas áreas com grande concentração desses animais edáficos, possibilitando a coleta de um número maior de colêmbolos. Quanto a isso, 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 certo ponto da área de estudo é uma alternativa possível, para a colembofauna do dendezal.

Todas as considerações tecidas até o momento devem levar em conta as características corpórea, estrutural e fisiológica dos colêmbolos no solo, pois tratam-se de invertebrados

diminutos, com a cutícula delicada e fina, que necessitam de umidade para não dessecar, se alimentam através de processos que exigem umidade alta, mas que podem se afogar com facilidade. 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 estes hexápodos, quando o solo não apresenta as condições ambientais propícias para manutenção das comunidades de colêmbolos.

A baixa abundância da ordem 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. Isso por que, tratar-se de um sistema agrícola jovem que foi implantado há apenas seis anos no local de estudo, pois foi notório na excursão 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 em 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. Quanto a isso, ressalta-se que, no ambiente de floresta primária o solo esteve mais úmido em todas as profundidades analisadas (Figura 5-B).

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 (Tabela 3), sendo, portanto o ambiente que apresentou uma 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.

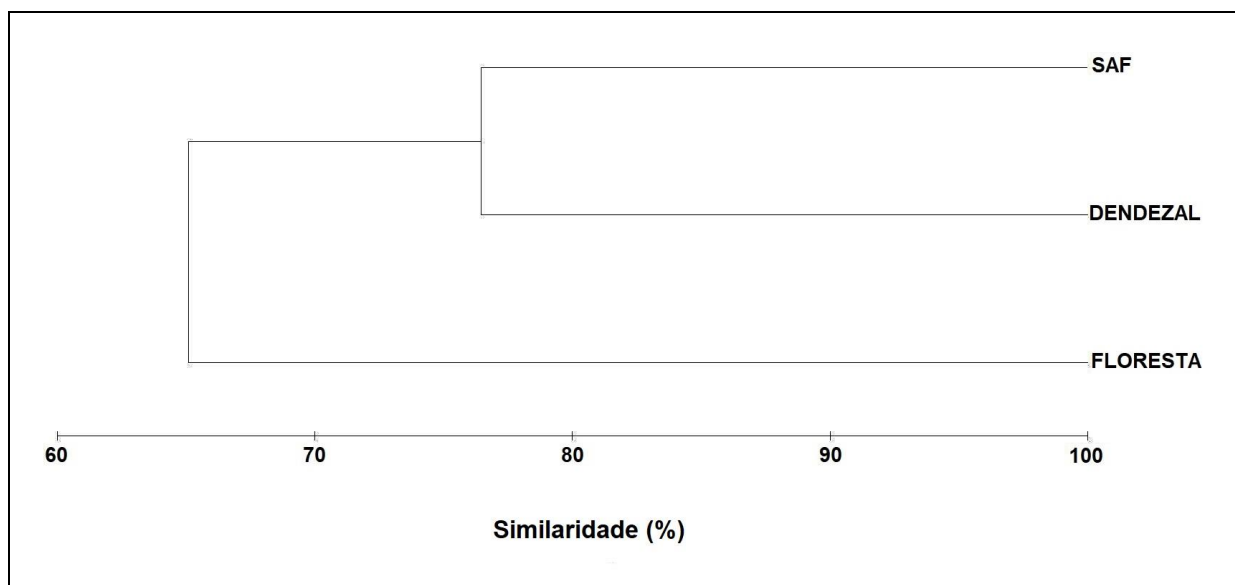
Tabela 3 – índices de diversidade Shanon-Wiener (H'), equitabilidade de Pielou (J) e dominância de Simpson por fitofisionomia, no município de Santa Bárbara, Pará.

Índices	FN	PD	SAF
Índice de Diversidade de Shannon (H')	1.58	1.82	1.94
Índice de diversidade gama (γ)	0,99	0,84	0,86
Equabilidade 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

Vale destacar, que a Floresta Primária apesar de apresentar os menores índices de diversidade local ($H' 1,58 = \text{Shanon-Wiener}$) e de equitabilidade $J (0,60)$, em relação às demais fitofisionomias (Tabela 3), a mesma evidenciou a maior variedade de táxons (famílias), pois quando se analisa a diversidade total, a qual destaca a importância regional dos ecossistemas, a Floresta Primária apresentou o melhor valor (0,99) em comparação a 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) a serem descobertos, pois o valor obtido para equitabilidade indica que o percentual de diversidade máxima teórica para esta fitofisionomia é de 60%, faltando ainda 40% para atingir 100% de sua diversidade provável. Enquanto que 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 ser descoberta.

A análise de similaridade entre as fitofisionomias estudadas, que considerou as famílias de Collembola, expressa no dendrograma de similaridade (Figura 7), 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 cultivos que são oriundos de grande atividade antrópica, decorrente do preparo da área para o plantio, que ocasiona um grande impacto ambiental.

Quanto 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, 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 que reúne muitas características ecossistêmicas. Segundo Oliveira (2000) as florestas apresentam alta diversidade, grande riqueza de espécies (tanto florestais quanto faunísticas) e baixas similaridades florísticas, mesmo entre locais próximos. Esta fitofisionomia é mais próxima do SAF e 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 equilíbrio ecossistêmico, que favorecem a permanência da biodiversidade e consequentemente das comunidades de colêmbolos presentes nas diferentes fitofisionomias.



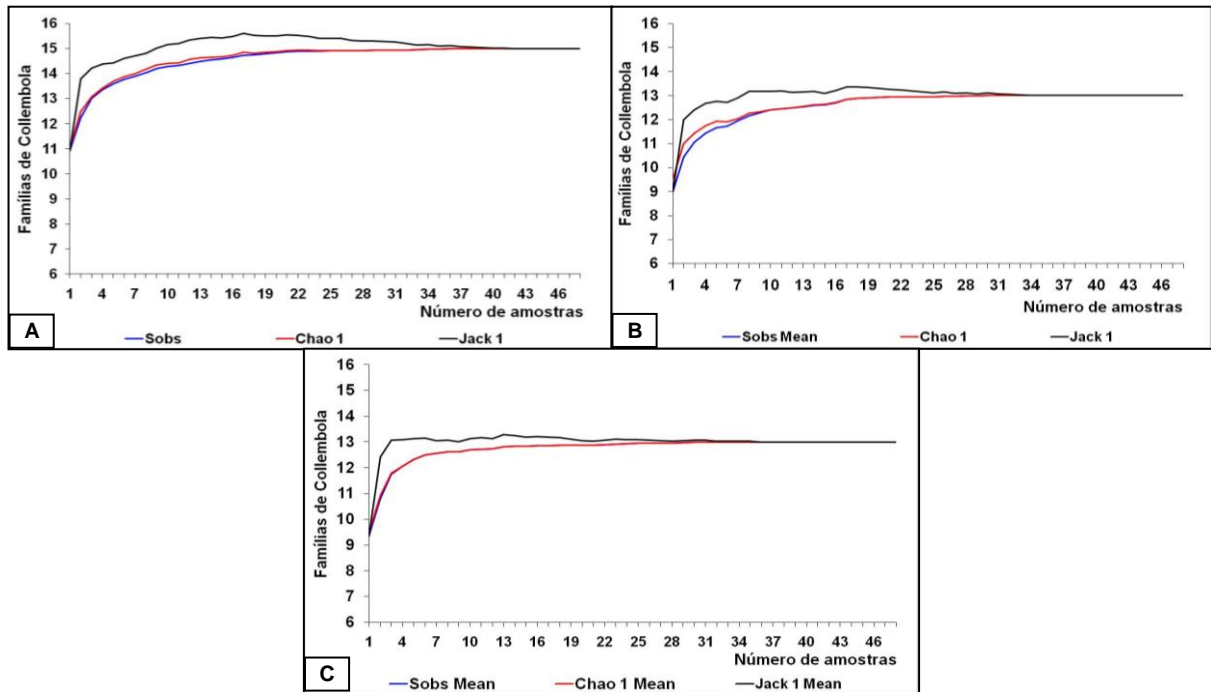
Fonte: A. M. MARTINS, 2018.

Figura 7 – Similaridade das famílias de Collembola em diferentes fitofisionomias, no município de Santa Bárbara, Pará.

Quanto à existência de maior semelhança faunística entre o SAF e a Plantação de Dendê, ressalta-se que resultados parecidos, também foram observados, em um estudo realizado por Ribeiro-Troian et al. (2009), em que as plantações de *Araucaria angustifolia* e de *Pinus* spp. exibiram maior similaridade, com base na composição de morfoespécies, do que em relação a floresta ombrófila mista, que apresentou a composição da comunidade, mais dissimilar.

A estimativa de riqueza que considerou os estimadores Jackknife e Chao, de 1ª ordem, evidenciaram 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. Quando o valor do observado é igual ao do estimado, 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.

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 8).



Fonte: AUTORES, 2018.

Figura 8 – 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 Barbara-PA, 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 Neauridae na floresta primária, enquanto, que nos ambientes de plantação de dendê e SAF, as famílias Isotomidae e Paronellidae foram as mais abundantes. Isto foi perceptível também para os dois períodos de estudo (chuvoso e menos chuvoso), observando que para o período chuvoso as famílias mais predominantes foram Paronellidae e Neauridae 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 as famílias Paronellidae e Entomobryidae, e na plantação de dendê e no SAF as famílias Paronellidae e Isotomidae. Isto demonstra fortemente que cada fitofisionomia pode apresentar grande mudança quanto a distribuição, abundância e diversidade de famílias de colêmbolos, o que pode ser interpretado como resposta biológica desses organismos edáficos aos ambientes de cada fitofisionomia estudada, visto que a família

Isotomidae se mostrou mais presente nos diferentes sistemas de cultivo agrícola, sendo portanto, uma família adaptada a esses tipos de ambiente, já a forte presença das famílias Entomobryidae e Paronellidae se mostraram presente principalmente por ser famílias que vivem na serrapilheira do solo, atuando como controladores da biomassa microbiana e na degradação da matéria orgânica.

A análise das fitofisionomias estudadas observou-se também, que o ambiente florestado (Floresta Primária), apresentou maior abundância de colêmbolos, durante todo o período de estudo, sendo também o ambiente com maior percentual riqueza a ser descoberto (40%), enquanto que para os demais ambientes já foi encontrado quase 80% da estimativa de riqueza. Ressalta-se também que no período chuvoso, a floresta primária apresentou maior abundância enquanto que no período menos chuvoso a abundância da colembofauna foi maior na plantação de dendê, demonstrando com isso, uma pequena redução da abundância de Collembola no ambiente de floresta, enquanto que na plantação de dendê houve aumento da abundância no período menos chuvoso.

A partir da análise de similaridade verificou-se que as fitofisionomias de plantação de Dendê e SAF são mais similares entre si, enquanto que a floresta é a menos similar que ambas, demonstrando com isso, que a floresta apresenta características ambientais diferente das áreas que desenvolvem atividades voltadas para o plantio.

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, como visto neste estudo, que 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.; BELLINI, B. C.; BERNARDO, A. N.; FERNANDES, L. H.; MENDONÇA, M. C.; OLIVEIRA, E. P.; QUEIROZ, G. C.; SAUTTER, K. D.; SILVEIRA, T. C.; ZEPPELINI, D. 2010. Synthesis of Brazilian Collembola: an update to the species list. *Zootaxa*, Magnolia Press. 2388: 1 – 22.

ASSAD, M. L. L. 1997. Fauna do solo. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA. p. 363- 443.

BELLINGER, P. F.; CHRISTIANSEN, K. A.; JANSSENS, F. 2018. Collembola of the World. Disponível em: <<http://www.collembola.org>>. Acesso em: 12 de novembro de 2018.

BALDISSERA, R.; GANADE, G.; BRESCOVIT, A.; HARTZ, S. M. 2008. Landscape mosaic of *Araucaria* Forest and Forest monocultures influencing understorey spider assemblages in southern in Brazil. **Austral Ecol.** 33: 45-54.

BROWN, G. G.; SAUTTER, K. D. 2009. Biodiversity, conservation and sustainable management of soil animals: the XV International Colloquium on Soil Zoology and XII International Colloquium on Apterygota. **Pesq. Agropec. Bras.**, 44:1-9.

CÂMARA, V. A.; OLIVEIRA, E. P. 1999. Densidade Populacional e Diversidade Específica de Collembola em Diferentes Ecossistemas do Município de manacapuru-AM. In: **VIII Jornada de Iniciação Científica do INPA**. Manaus- AM.

COUTERON P., PÉLISSIER R. 2004. Additive apportioning of species diversity : towards more sophisticated models and analyses. **Oikos**, 107 (1), p. 215-221.

CULIK, M. P.; ZEPPELINI-FILHO, D. 2003. Diversity and distribution of Collembola (Arthropoda: Hexapoda) of Brazil. **Biodivers Conserv**, 12: 1119-1143.

DENPASA – Dendê do Pará-S/A. 2018. História. Disponível em: <http://denpasa.com.br/pt-br/historia/>. Acesso em: 12 de novembro de 2018.

EMBRAPA. 2013. Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos. 3º Ed. Brasília. 353 p.

FERNANDES, L. H.; NESSIMIAN, J. L.; MENDONÇA, M. C. 2009. Structure of Poduromorpha (Collembola) communities in “restinga” environments in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 8, p.1033-1039.

FISCH, G.; MARENGO, J. M.; NOBRE, C. A. 1998. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazônica**, v.28, n.2, p.01-126.

GOTTELI, N. J.; COLWELL, R. K. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. **Ecology Letters** 4: 379-391.

GOLDSBROUGH, C. L.; HOCHULI, D. F.; SHINE, R. 2003. Invertebrate biodiversity under hot rocks: *habitat* use by the fauna of sandstone outcrops in the Sydney region. **Biological Conservation** 109:85-93.

HOPKIN, S. P. 1997. **Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)**. Oxford University Press, Oxford, UK.

HUNBER, F.; REIS, F. H. 2011. Técnica Alternativa para Montagem de Insetos em Lâminas Permanentes para Visualização em Microscopia Óptica. **EntomoBrasilis**, 4(1):13-19.

IBGE –**Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/santa-barbara-do-para>. Cidades. Acesso em: 15 de novembro de 2018.

MORAIS, J. W. OLIVEIRA, F. G. L.; BRAGA, R. F.; KORASAKI, V. Mesofauna. In: MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STURMER, S. L. 2013. **O ecossistema**

solo: componentes, relações ecológicas e feitos na produção vegetal. Lavras: Ed. UFLA, 352 p.

MOREIRA, F. M. S.; HUISING, E. J.; BIGNELL, D. E. 2010. **Manual de biologia dos solos tropicais.** Lavras: UFLA.

MUSSURY, R. M. SCALON, S. P. Q; GOMES, A. A.; BATISTA, M. R.; SCALON-FILHO, H. 2008. Flutuação populacional da mesofauna em fragmentos de mata na região de Dourados, MS. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 645-650.

NUNES-GUTJAHR, A. L.; BRAGA, C. E. S. 2015. Análise faunística de gafanhotos *Acridoidea* da Volta Grande do Rio Xingu, área de influência direta da Hidrelétrica Belo Monte, Pará, Brasil. **Ciência Rural** [online]. Vol.45, n.7, pp.1220-1227. ISSN 0103-8478. <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**, v. 30, n.4, p. 543-567.

PONGE, J. F.; GILLET, S.; DUBS, F.; FEDOROFF, E.; HAESE, L.; SOUSA, J. P.; LAVELLE, P. 2003. Collembolan Communities as Bioindicators of Land Use Intensification. **Soil Biol. Biochem**, 35: 813-826.

RIBEIRO-TROIAN, V. R.; BALDISSERA, R.; HARTZ, S. M. 2009. Effects of Understory Structure on the Abundance, Richness and Diversity of Collembola (Arthropoda) in Southern Brazil. **Neotropical Entomology**. 38(3):340-345.

RICHARDS, W. R. 1979. Collembola. **Men. Ent. Soc. Can.**, 108:300-330.

RODRIGUES, W. 2016. Competitividade e mudança institucional na cadeia produtiva de plantas medicinais no Brasil. **Interações**, v. 17, n. 2, p.267-277.

RUSEK, J. 1998. Biodiversity of Collembola and their functional role in the ecosystem. **Biodivers. Conserv.** 7:1207-1219. <http://dx.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 de Mestrado. Universidade Federal do Amazonas – UFAM.** Instituto Nacional De Pesquisas Da Amazônia – INPA. Manaus.

SILVA, P.M.; BERG, M. P.; SERRANO, A.R.; DUBS, F.; SOUSA, J. P. 2012. Environmental factors at different spatial scales governing soil fauna community patterns in fragmented forests. **Landscape ecology**, 27(9): 1337-1349.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA - SUDAM. Municípios Paraenses: Santa Bárbara do Pará. 1993. Belém: Governo do Estado do Pará, **SEPLAN**, 36 p. (Novos Municípios, v. 33).

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. 2015. Estudo dos Insetos - Tradução da 7ª edição de Borror and DeLong's Introduction to the study of insects 2ª edição brasileira. 2. ed. São Paulo: **Cengage Learning**, p. 170–177.

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. 2011. Estudo dos Insetos. Tradução da 7ª edição de 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: RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B.; CASARI, A. A.; CONSTANTINO, R. **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. –Editora: Holos, São Paulo.

ZEPPELINI, D. F.; BELLINI, B. C. 2004. **Introdução ao estudo dos Collembola**. Editora Universitária, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa – Paraíba.

ZEPPELINI, D.; BELLINI, B. C.; DUARTE A. J. C.; HERNANDEZ, M. I. M. 2008. Collembola as bioindicators of restoration in mined sand dunes of Northeastern Brazil. **Biodiversity and Conservation**, 18: 1161–1170.

ZEPPELINI, D.; BELLINI, B. C.; CREÃO-DUARTE, A. J.; HERNÁNDEZ, M. I. M. 2009. Collembola as bioindicators of restoration in mined sand dunes of Northeastern Brazil. **Biodiversity and Conservation**, 18(5):1161-1170.

Capítulo II

**CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS DE COLLEMBOLA E ATRIBUTOS QUÍMICOS
DO SOLO EM DIFERENTES FITOFISIONOMIAS NO MUNICÍPIO DE SANTA
BÁRBARA DO PARÁ**

CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS DE COLLEMBOLA E ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM DIFERENTES FITOFISIONOMIAS NO MUNICÍPIO DE SANTA BÁRBARA DO PARÁ

Andreza Mesquita Martins. Universidade do Estado do Pará Ana Lúcia Nunes Gutjahr .
Universidade do Estado do Pará. Carlos Elias de Souza Braga. Universidade do Estado do Pará.

RESUMO

Collembola faz parte da mesofauna, sendo considerado um dos grupos mais representativo de microartrópodes que compõe a fauna edáfica. Seus representantes possuem ampla distribuição nos mais variados tipos de solo e exercem influência significativa na ecologia microbiana do solo, ciclagem de nutrientes e fertilidade do solo. O estudo objetivou analisar as características químicas do solo com a riqueza taxonômica e a abundância da fauna de Collembola nas fitofisionomias floresta primária, plantação de dendê e sistema agroflorestal, no município de Santa Barbara, Pará. Foram realizadas quatro excursões de campo, duas na estação chuvosa e duas na menos chuvosa, sendo determinada uma área de 50x25 m, possibilitando três transectos de 50m, sendo definidos 12 pontos de amostragem, onde foram instaladas armadilhas de pitfall, que totalizaram 144 amostras. Todas as amostras foram preservadas em álcool 70%, sendo os colêmbolos quantificados e identificados ao nível de família. Para a caracterização química do solo, obteve-se um total de 108 amostras com determinação em laboratório para cada fitofisionomia de pH, Al, Ca, Mg, K, P, N, C_{org}, Fe, Cu, Zn, Mn, CTC, SB, C_{microb.}, H_{microb.}, e umidade. Os resultados deste estudo, mostraram que na Floresta Primária a família Paronellidae foi mais abundante (n=17.145), enquanto Isotomidae foi a predominante na Plantação de Dendê (n=12.348) e no SAF (n= 4.816). A Floresta Primária apresentou os melhores índices para os atributos químicos do solo e, também, as maiores abundâncias de Collembola (n= 36.476), além de ter exercido maior influência na densidade das populações das famílias de Collembola, quando comparada com a Plantação de Dendê e o Sistema Agroflorestal (SAF), indicando que a colembofauna é fortemente influenciada pelos atributos químicos do solo e pelas diferentes fitofisionomias.

Palavras-chave: Colembofauna, Mesofauna, Fauna edáfica, Química do solo.

ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF COLLEMBOLA AND CHEMICAL ATTRIBUTES OF THE SOIL IN DIFFERENT VEGETATION TYPES IN THE MUNICIPALITY OF SANTA BÁRBARA, PARÁ

Andreza Mesquita Martins. Universidade do Estado do Pará Ana Lúcia Nunes Gutjahr .
Universidade do Estado do Pará. Carlos Elias de Souza Braga. Universidade do Estado do Pará.

ABSTRACT

Collembola is part of the mesofauna, considered one of the most representative groups of microarthropods that compose the edaphic fauna. Their representatives are widely distributed in the most variety types of soil and have a significant influence on soil microbial ecology, nutrient cycling and soil fertility. The purpose of this study was to analyze the chemical characteristics of the soil with the taxonomic richness and abundance of the Collembola fauna in the phytophysionomies of the primary forest, palm oil plantation and agroforestry system, in the municipality of Santa Barbara, Pará. Four field trips were carried out, two in the rainy season and two in the less rainy season, determining an 50x25 m area, which allowed three transects of 50m, 12 sampling points were defined, including the installation of pitfall traps, totaling 144 samples. All samples were preserved in alcohol 70%, the collembolas were quantified and identified at the family level. For the chemical characterization of the soil, a total of 108 samples were obtained with laboratory determination for each phytophysionomy such as pH, Al, Ca, Mg, K, P, N, C_{org}, Fe, Cu, Zn, Mn, CTC, SB, C_{microb.}, H_{microb.}, and humidity. The results of this study showed that in the Primary Forest the Paronellidae family was more abundant (n = 17,145), while Isotomidae was the predominant one in the Palm Oil Plantation (n = 12,348) and agroforestry system (n

= 4,816). The primary forest presented the best indices for the chemical attributes of the soil and also the greater abundances of Collembola ($n = 36,476$), besides having exerted a greater influence on the density of the populations of the families of Collembola, when compared to the Palm Oil Plantation and the Agroforestry System, showing that colembofauna is strongly influenced by the attributes of soil chemical and by the different phytophysiognomies.

Keywords: Colembofauna, Mesofauna, Fauna, Edaphic fauna, Soil chemistry

INTRODUÇÃO

A biodiversidade do solo é reconhecida por fornecer muitos serviços ecossistêmicos, com papel significativo na determinação das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, essenciais para uma boa qualidade nos ecossistemas (BREVIK et al., 2015). Esta grande atividade desempenhada no solo ocorre principalmente pela atuação da fauna do solo, composta principalmente por organismos que passam toda ou parte de sua vida no solo. Estes organismos podem ser classificados de acordo com seu tamanho, em microfauna, mesofauna e macrofauna, com maior destaque para a meso e a macro fauna por atuarem nas funções essenciais para a manutenção e sobrevivência de comunidades vegetais e animais (GARDI et al., 2009).

Deste modo, como membro da mesofauna, Collembola é um excelente grupo de microartrópodes representante da diversidade da fauna do solo (CASSAGNE et al., 2003), com ampla distribuição nos mais variados tipos de solo (GANGE; BOWER, 1997).

Os colêmbolos apresentam influência significativa na ecologia microbiana do solo, ciclagem de nutrientes e fertilidade do solo, principalmente por se alimentarem de microrganismos do solo (fungos e bactérias) e matéria orgânica morta. Além disso, estes pequenos invertebrados podem ser considerados bons indicadores da qualidade ambiental, principalmente por responderem a uma variedade de fatores ambientais e ecológicos, como mudanças na química do solo, configuração do microhabitat e práticas agrícolas (HOPKIN, 1997; BARETTA et al., 2008).

Deste modo, é notório que a comunidade biológica do solo, pode demonstrar por meio das mudanças ambientais bióticas e abióticas, alterações na biodiversidade do solo, provocadas geralmente por mudanças climáticas, uso e manejo do solo, poluição, espécies invasoras, ou qualquer outro fator que realize a degradação do solo (BREVIK et al., 2015). Por serem sensíveis às alterações das condições ambientais os colêmbolos podem ser utilizados como uma importante ferramenta para o estudo da

influência de fatores físico-químicos e microbiológicos sobre a fauna do solo (BARRETA et al., 2008). Vale ressaltar que, a alteração nas comunidades do solo, assim como a perda de biodiversidade do solo, pode ameaçar a multifuncionalidade e sustentabilidade dos ecossistemas (WAGG et al., 2014).

Frente ao exposto, nota-se que os invertebrados do solo apresentam sensíveis níveis de influência no ambiente, estando, portanto, inseridos em um fator dinâmico constituindo uma íntima associação aos processos e perturbações no solo. Deste modo, a fauna de Collembola, como mais representativa na fauna de solo, tem sido vista como bioindicadora da qualidade ambiental, podendo apresentar capacidade de sinalizar antecipadamente informações sobre a situação do ambiente. Assim sendo, estudos sobre a diversidade de Collembola e sua relação com as características químicas em diferentes sistemas de usos do solo, permitem identificar quais os ambientes que apresentam uma melhor qualidade do solo. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo analisar as características químicas do solo com a diversidade da fauna de Collembola nas fitofisionomias floresta primária, monocultura de dendê e sistema agroflorestal, no município de Santa Bárbara, Pará.

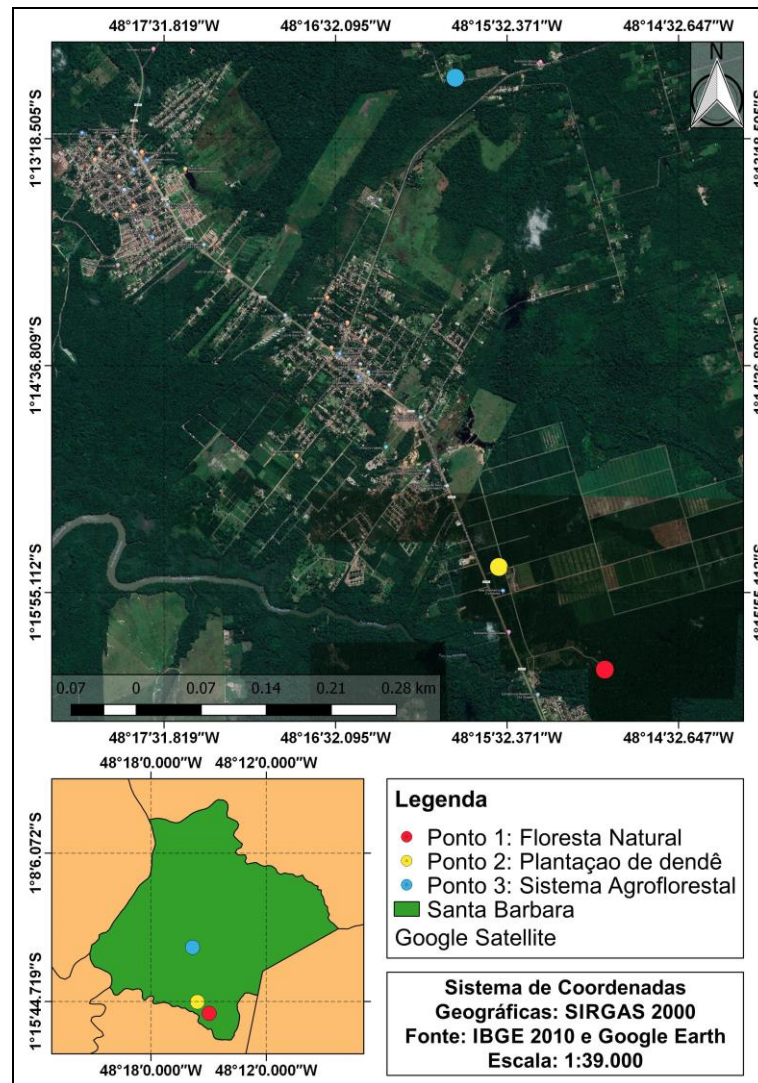
MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado no município de Santa Bárbara, PA, que possui população estimada de 20.704 habitantes para o ano de 2018, segundo o último censo do IBGE (2010), o mesmo apresenta densidade populacional de 61,62 hab/km², com uma área territorial de 278,154 km². A topografia da região caracteriza-se por um relevo predominantemente plano, fazendo parte do planalto rebaixado da Amazônia. A região apresenta clima do tipo tropical úmido Af_i (classificação climática de Köppen), com índice pluviométrico anual de 2.500 e 3.000 mm e temperatura média anual de 26°C e a média anual da umidade relativa do ar em 85% (SUDAM, 1993). O solo da região é predominantemente Latossolo Amarelo Distrófico Típico, com textura média (EMBRAPA, 2013).

No município, foram utilizados três diferentes fitofisionomias correspondentes a uma área de floresta primária, cultivo agrícola (Plantação de dendê) e uma área de sistema agroflorestal (SAF) (Figura 1).

Na propriedade Dendê do Pará S/A – Denpasa, que fica na Rodovia PA 391, Km 9,5 Estrada Belém-Mosqueiro, encontra-se as fitofisionomias de Floresta Primária e Plantação de dendê (Figura 2 A-C). De acordo com a Denpasa (2018), a empresa possui mais de 35 anos de funcionamento na Cidade de Santa Bárbara do Pará, atuando na produção de dendê, principalmente pela adaptabilidade às condições edafo-climáticas da Região Norte do país, que propiciam tal produção, visto que, o dendê é uma cultura perene.



Fonte: AUTORES, 2018.

Figura 1 – Localização do município de Santa Bárbara, Pará, e pontos de coleta em cada área de estudo.

A área de coleta apresenta vários lotes de plantação de dendê, com as palmeiras espaçadas 10 m umas das outras. Para o estudo foi utilizado apenas um lote dentro da área da Denpasa (01°26'29''S; 48°25'98''W). Em relação à área de floresta (01°27'27''S; 48°24'95''W), a empresa alega que a mesma é conservada desde o início de suas atividades, sendo, portanto, uma floresta primária, com a presença de árvores de diferentes alturas e diâmetros, caracterizando-a como uma área de grande diversidade de espécies florestais.

Quanto à área de SAF (01°21'60''S, 48°26'40''W), o estudo foi realizado na Associação dos Trabalhadores Rurais Agroecológico Expedito Ribeiro (ATRAER), que fica na Rodovia PA 408. Segundo o presidente da associação, a área utilizada foi implantada em 2012, sendo, portanto, um sistema agroflorestal jovem de apenas seis anos. Nesse SAF estão cultivadas as espécies florestais: Taperebá (*Spondias mombin* L.), Ingá (*Inga edulis*), fruta pão (*Artocarpus altilis*), ipê (*Tabebuia Alba*), freijó (*Cordia goeldiana*), castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), bacupari (*Garcinia Brasiliensis*), rambutã (*Nephelium lappaceum* L.), e mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King), sendo estes plantados com espaçamento de 10 m umas das outras. Dentre os frutos produzidos neste SAF, destacam-se a comercialização de cacau, cupuaçu, acerola, entre outros.

Método de coleta

Para realização deste estudo foram realizadas coletas de campo que permitiram a identificação da composição dos grupos taxonômicos da fauna de Collembola das fitofisionomias de floresta primária, plantação de dendê e SAF em cada sistema, assim como sua relação com os atributos químicos do solo em cada ambiente.

Para a coleta da colembofauna e dos atributos químicos do solo, foram realizadas quatro excursões de campo: duas na estação mais chuvosa (março e abril de 2018), e duas coletas na estação menos chuvosa (julho e agosto de 2018). De acordo com Fisch et al. (1998), a região amazônica tem dois períodos distintos, que evidenciam a sazonalidade regional: período chuvoso que ocorre de dezembro a maio e o período menos chuvoso, que se estende de junho a novembro.

As coletas das amostras foram determinadas em uma área de 50 x 25 m, onde ficaram estabelecidos três transectos de 50 m que distavam entre si 12,5 m, sendo realizado no transecto 12 pontos de amostragem.

Coleta da fauna de solo

As unidades de amostras foram obtidas por meio do método de armadilhas de queda do tipo pitfall (MOLDENKE, 1994), que consiste em enterrar um copo plástico com a borda nivelada ao solo, contendo solução de álcool a 70%, e coberto por uma estrutura de palitos de madeira acoplados a um prato plástico. As mesmas permaneceram ativas no local de coleta por 72 horas. Em cada ponto de amostragem, por fitofisionomia, foi instalada uma armadilha de pitfall, totalizando nos três ambientes 144 amostras. De acordo com Moreira et al. (2010), a armadilha pitfall é eficiente principalmente para a captura dos invertebrados que habitam o solo. A capacidade de captura da armadilha é em função de sua circunferência, deste modo, é recomendado o uso deste tipo de armadilha para avaliação da atividade da fauna edáfica.

Identificação dos espécimes

No Laboratório da Coleção Zoológica Dr. Joachim Adis (Universidade do Estado do Pará, campus CCSE). Foram realizadas a identificação e a quantificação dos organismos, com auxílio de um estereomicroscópio (lupa binocular / Coleman - NSZ 606), assim como a realização da montagem de lâminas, para realização da classificação taxonômica em nível de família, seguindo a chave de identificação de COLLEMBOLA Lubbock, 1873, presente em Zeppelini, 2012.

A montagem das lâminas ocorreu segundo o protocolo de Consoli *et al.* (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 álcool etílico (70%), por dez minutos. Sendo submetidos ao óleo de imersão Merck® por dez minutos,

após o processo de desidratação e por fim montados em verniz vitral incolor sobre lâmina, para processo de identificação no microscópio (Leica – LAS EZ).

Coleta de solo

A coleta de solo ocorreu com o auxílio de um trado holandês de 20 cm, de acordo com a Embrapa (2013), o trado holandês é o principal instrumento para retirar as amostras de solo, sendo também o mais comum, utilizado em várias regiões do Brasil e adaptável a todos os tipos de solo. Com auxílio do trado foram separados, para análise, os pontos em nível de profundidade do solo 0-5 cm, 5-10 cm e de 10-20 cm, estes foram acondicionados em sacos plásticos e transportados, em caixa de poliestireno, para o laboratório de Ciência da Terra no Museu Paraense Emílio Goeldi. Em laboratório as três réplicas de cada ponto foram homogeneizadas de acordo com cada ponto de amostragem e profundidade do solo, para cada ponto, obteve-se um total de 9 amostras por ambiente estudado, e durante todo o período de estudo foram analisadas 108 amostras de solo.

Análise química do solo

Para a caracterização química do solo adotou-se o protocolo descrito por Teixeira et al. (2017), para a análise dos macronutrientes: fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al); dos micronutrientes: ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn); e para a determinação também do pH (potencial hidrogeniônico), acidez, nitrogênio total, carbono orgânico (C_{org}). De acordo com o protocolo, para as determinações analíticas faz se necessário que cada amostra passe pelo processo de secagem ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 20 cm de diâmetro e malha de 2 mm (terra fina seca ao ar - TFSA).

A Umidade do solo foi medida a partir da determinação da massa de água presente nas amostras de solo nas condições da coleta, que foi realizada com a pesagem de 10 g de solo (amostra úmida + recipiente) em Becker enumerado e acondicionadas na estufa a 105 °C, deixando as amostras nessa

condição por 24 horas, em seguida retira-se da estufa, e coloca-se em dessecador, deixando esfriar, por fim pesa-se (amostra seca + recipiente).

A soma de bases (SB) foi obtida pela soma dos valores obtidos das bases de sódio, potássio, cálcio e magnésio. Já a Capacidade de troca de Cátions (CTC), foi realizada a partir da soma da acidez mais a SB, e o percentual de saturação por bases (V%) foi obtido por meio da divisão da SB com a CTC, multiplicando por 100.

Quanto a análise da biomassa microbiana do solo (Carbono e Nitrogênio Microbiano), adotou-se o protocolo de Brookes et al. (1982) adaptado por Islam e Weil (1998), que ocorreu a partir de dois métodos (extração irradiado e não irradiado), em que o solo precisa ainda estar úmido, no método por irradiação as amostras foram submetidas à energia eletromagnética (microondas), com o tempo previamente calculado, enquanto que as não irradiadas não eram submetidas a este tipo de energia.

Análise de dados

Os dados de abundância da fauna de Collembola e das variáveis ambientais foram submetidos à Análise de Componentes Principais (PCA), através de uma matriz de correlação e para aumentar a correspondência com os eixos originais de variáveis foi utilizado o componente *Bootstrap* (PERES-NETO et al., 2003). Deste modo, foram retiradas as que apresentaram colinearidade e selecionadas as que melhor explicaram a máxima variância dos dados (intervalo de confiança de 95%). Esse método permitiu a escolha de um conjunto mínimo de variáveis químicas significativas para explicar a variação da fauna em cada uso da terra.

As variáveis significativas foram posteriormente utilizadas na PCA como variáveis ambientais explicativas passivas para as mudanças observadas nos grupos da fauna, através de uma Análise de Correspondência Canônica (ACC) com o escalonamento tipo 2 por ser o mais adequado para compreender as relações entre os táxons (LEGENDRE; LEGENDRE, 1998). Para as análises utilizou-se o *software* estatístico PAST 3.06 (HAMMER et al., 2001).

Os atributos ambientais foram submetidos à análise de variância (teste Tukey) para comparações nos três diferentes usos da terra, utilizando o programa estatístico BioEstat 5.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise multivariada das variáveis ambientais e faunística

A fim de realizar a ordenação dos atributos químicos do solo, para se obter a importância, o grau de correlação e a variância entre as variáveis ambientais (abióticas), obtidas nas amostras coletadas nas três fitofisionomias (Floresta, Plantação de dendê e SAF) nos períodos chuvoso e menos chuvoso, foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA), utilizando-se uma matriz de correlação e o componente *Bootstrap*, para aumentar a correspondência com os eixos originais de variáveis (PERES-NETO et al., 2003), sendo o intervalo de confiança de 95%. A PCA indicou que os componentes 1 e 2 explicam 70,59% da variância (variabilidade) dos dados (Tabela 1; Figura 2).

Tabela 1. Autovalores da Análise de Componentes Principais (ACP), percentual de variância explicada e autovalores do componente *Bootstrap* (nível de significância 95%) por componente, para os atributos químicos do solo extraídos nas fitofisionomias estudadas, no município de Santa Bárbara do Pará.

Componentes da ACP	Autovalores da ACP	Variância explicada (%)	Autovalores do componente <i>Bootstrap</i> (significância 95%)	
			2.5%	97.5%
1	11.50	54.74	49.81	68.34
2	3.33	15.85	7.22	23.76
3	2.27	10.79	1.18	20.37
4	1.76	8.37	0.00	13.91
5	0.99	4.72	0.00	11.33
6	0.66	3.12	0.00	5.18
7	0.23	1.11	0.00	1.69
8	0.15	0.72	0.00	1.13
9	0.07	0.31	0.00	0.49
10	0.03	0.16	0.00	0.27
11	0.02	0.10	0.00	0.18

Além disso, a PCA ordenou os atributos químicos do solo em três grupos distintos, o primeiro com 11 variáveis correlacionadas positivamente (**grupo 1**), o segundo com duas (2) variáveis correlacionadas negativamente (**grupo 2**) e o terceiro com oito (8) variáveis não correlacionadas (**grupo 3**) (Figura 4).

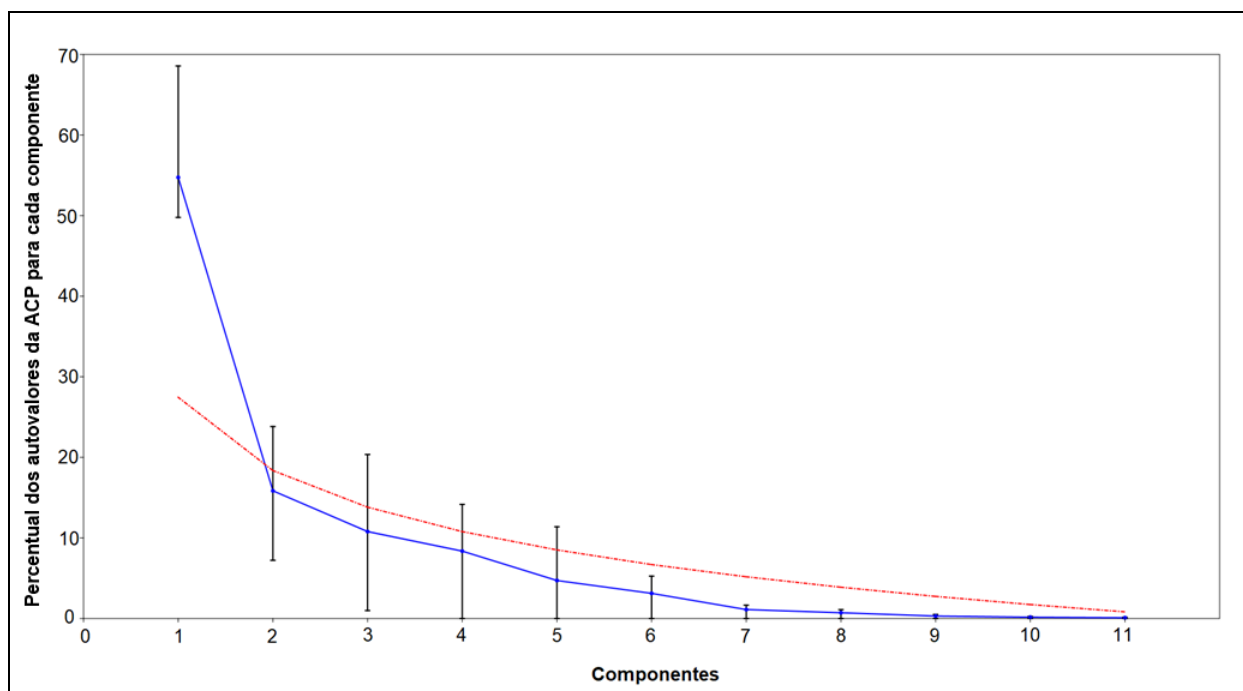


Figura 2. Gráfico de autovalores (%) da Análise de Componentes Principais (ACP) indicando os componentes significativos (1 e 2) e não significativo (3 a 11), para os atributos químicos do solo extraídos nas fitofisionomias, no município de Santa Bárbara do Pará.

Dessa forma, verificou-se, que no componente 1, uma alta correlação positiva (entre 0,76 e 0,98) das variáveis (**grupo 1**); Umidade, Alumínio (Al), Acidez, Capacidade de Troca de Cátions (CTC), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Carbono (C), Nitrogênio (N), Matéria Orgânica (MO), Biomassa Solo Carbono Microbiano (BSCM) e Biomassa Solo Nitrogênio Microbiano (BSNM). Também, uma correlação forte negativa (entre -0,89 e -0,75) das variáveis pH e Percentagem de Saturação por Bases (V) e as variáveis não correlacionadas foram Potássio (K), Sódio (Na), Fósforo (P), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Soma de Bases (SB), Cobre (Cu) e Manganês (Mn) e no componente 2 observou-se uma forte correção positiva entre cálcio (Ca) e soma de bases (SB) (Figuras 3 e 4). Sendo assim, após a ordenação, dos 21 atributos químicos do solo amostrados, apenas oito (8) destes são o suficiente para explicar a máxima variância dos dados (Figuras 3 e 4).

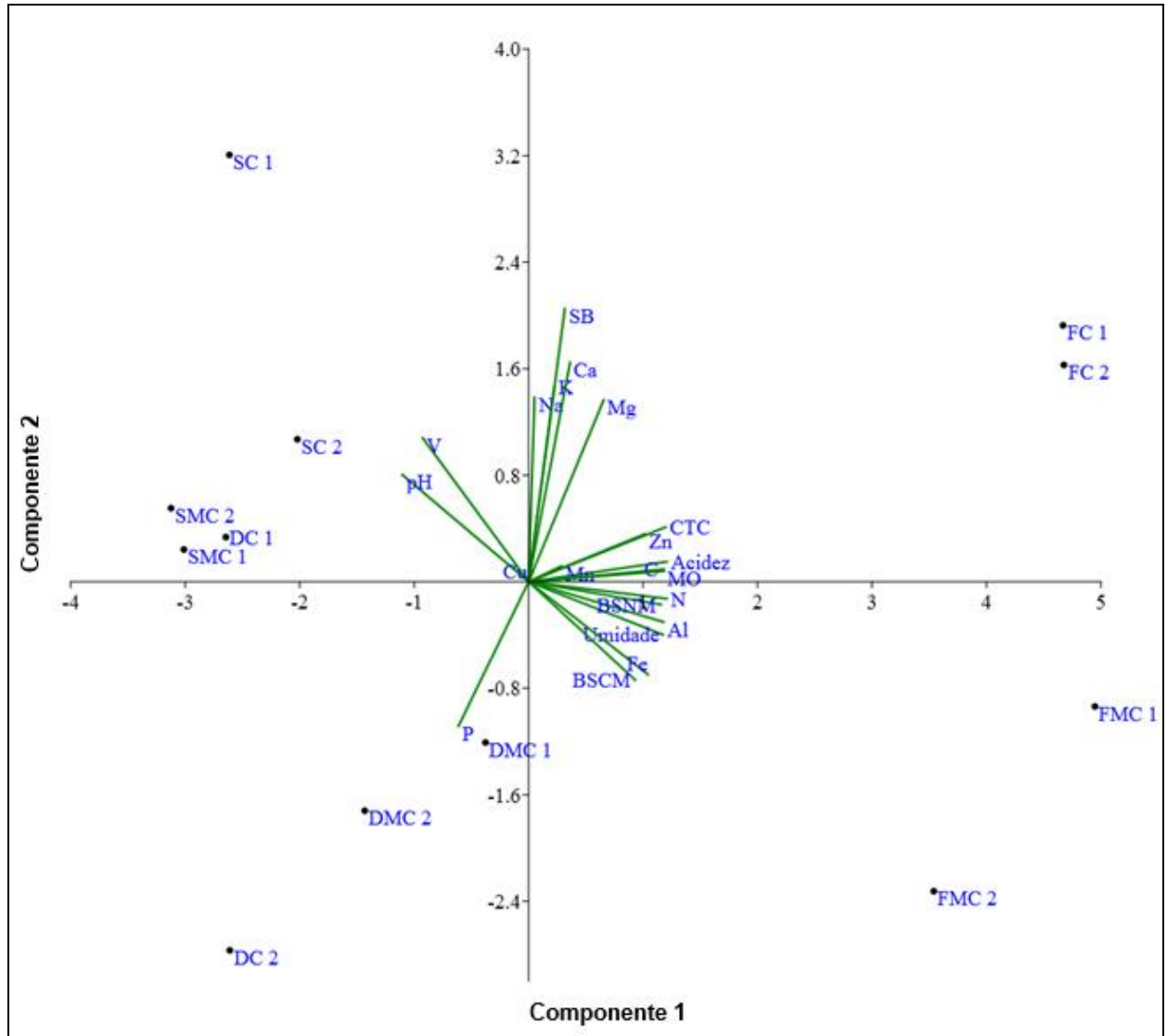


Figura 3. Gráfico da Análise de Componentes Principais (ACP) indicando a variância (variabilidade) nos dados dos componentes 1 e 2 e correlação das variáveis ambientais (atributos químicos do solo) por fitofisionomia, Floresta Primária, Dendzal e Sistema Agroflorestal (SAF), nos períodos chuvoso e menos chuvoso. FC 1 (Floresta, período chuvoso, 1ª coleta); FC 2 (Floresta, período chuvoso, 2ª coleta); FMC 1 (Floresta, período menos chuvoso, 1ª coleta); FMC 2 (Floresta, período chuvoso, 2ª coleta); DC 1 (Dendzal, período chuvoso, 1ª coleta); DC 2 (Dendzal, período chuvoso, 2ª coleta); DMC 1 (Dendzal, período menos chuvoso, 1ª coleta); DMC 2 (Dendzal, período menos chuvoso, 2ª coleta); SC 1 (SAF, período chuvoso, 1ª coleta); SC 2 (SAF, período chuvoso, 2ª coleta); SMC 1 (SAF, período menos chuvoso, 1ª coleta); SMC 2 (SAF, período menos chuvoso, 2ª coleta).

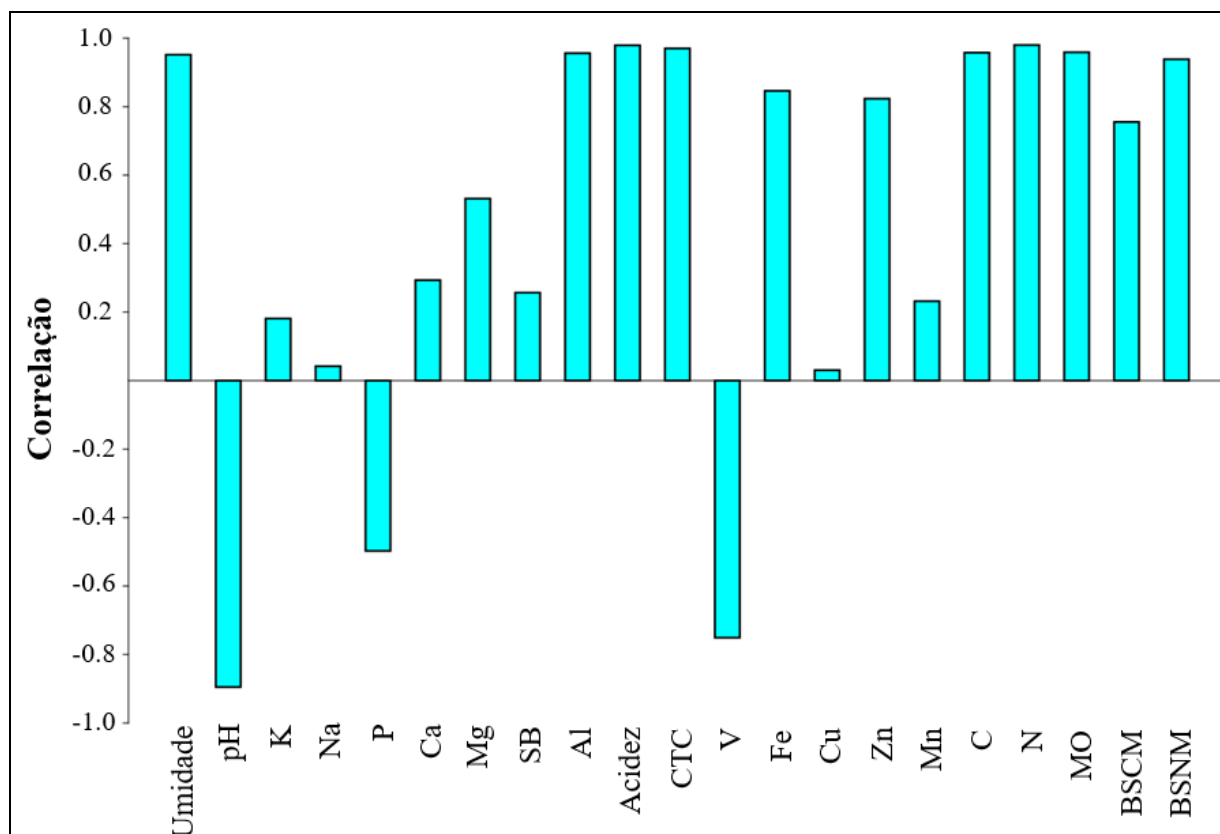


Figura 4. Correlação dos atributos químicos do solo, na Análise de Componentes Principais (ACP), extraídos nas fitofisionomias, no município de Santa Bárbara do Pará.

Após a ACP foi realizada uma Análise de Correspondência Canônica (ACC) para verificar correlação das variáveis ambientais com as famílias de Collembola, para melhor visualizar a relação entre as famílias, e conseqüentemente com as variáveis abióticas (ambientais), utilizou-se a CCA com o escalonamento tipo 2, para os eixos 1 e 2, o mais adequado para enfatizar as relações entre as famílias de Collembola (LEGENDRE; LEGENDRE, 1998). Na CCA foram utilizadas apenas as principais variáveis ambientais (abióticas) ordenadas na PCA (grupos 1, 2 e 3) com os valores de abundância de cada família de Collembola, coletados nas três fitofisionomias (Floresta, Dendzeal e SAF), tal procedimento é fundamental para a observação das correlações entre as variáveis e para ampliar o poder de explicação da análise aplicada.

O resultado da ACC foi significativo ($p < 0,01$) e indicou haver uma forte correlação das famílias de Collembola com as variáveis ambientais (abióticos), sendo que os eixos 1 e 2 da ACC mostram que 81,37% da variação total dos fatores bióticos (famílias de Collembola) é explicada pela variação dos fatores abióticos (físico-químicos e químicos) (Tabela 2). A maioria das famílias de Collembola apresentaram correlação positiva com as variáveis do grupo 1 (umidade, Al, acidez, CTC, Fe, Zn, C, N,

matéria orgânica, BSCM e BSNM) e o Mg (Figura 4), indicando que a variável abiótica umidade influência de forma direta os processos e as dinâmicas químicas dos elementos mencionados no grupo 1.

Tabela 2. Autovalores da Análise de Correspondência Canônica (ACC), percentual de correlação (covariância) explicada e probabilidade (nível de significância $p < 0,05$) por Eixo, para a relação das variações dos atributos químicos (variáveis ambientais) e com as variáveis bióticas (famílias de Collembola), no município de Santa Bárbara do Pará.

Eixos da ACC	Autovalores da ACC	Correlação (covariância) explicada (%)	Probabilidade Significância ($p < 0.05$)
1	0.356	44.240	0.034
2	0.298	37.050	0.035
3	0.074	9.180	0.407
4	0.049	6.032	0.062
5	0.020	2.443	0.229
6	0.005	0.629	0.681
7	0.003	0.429	0.128
8	0.000	0.000	0.722
Correlação (covariância) explicada para os eixos 1 e 2		81.29	
Probabilidade para os eixos 1 e 2			0.006

A ACC ordenou a Floresta Primária em um único quadrante (4º quadrante: -x,-y) dos Eixos 1 e 2 em todas as amostragens nessa fitofisionomia, independente do período, indicando que o solo da floresta não apresenta variações significativas dos atributos químicos, nas estações chuvosa e menos chuvosa. Também, a maior relação da floresta com as variáveis ambientais do grupo 1 (umidade, Al, acidez, CTC, Fe, Zn, C, N, matéria orgânica, BSCM e BSNM) e o Mg. Quanto à colembiofauna, verificou-se que as famílias Bourletiellidae, Brachystomellidae, Entomobryidae, Neanuridae, Neelidae, Odontellidae e Paronellidae, encontram-se no mesmo quadrante da Floresta Primária, demonstrando a maior correlação desses colêmbolos entre si e com essa fitofisionomia e os atributos relacionados à floresta (Figura 3 e 5).

Todavia, as demais fitofisionomias (Dendzal e SAF), demonstram apresentar divergências nas diferentes estações (Chuvosa e menos chuvosa), visto que, encontram-se em distintos quadrantes. A amostragem do Dendzal (DC 1 e DC 2) e do SAF (SC 1 e SC2) obtidas no período chuvoso encontram-se no 3º quadrante (x, -y), correlacionados com as famílias Sminthuridae, Sminthurididae e Sturmiidae e os atributos ambientais Sódio (Na) e Potássio (K). Enquanto que a amostragem do Dendzal (DMC 2) e

do SAF (SMC2) obtidas no período menos chuvoso (1ª coleta) encontram-se no 1º quadrante (-x,y), correlacionados com as famílias Isotomidae e Onychiuridae e o atributo ambiental Manganês (Mn).

As famílias Cyphoderidae e Kattianidae estão mais relacionadas com os atributos fósforo e pH e não relacionadas a nenhuma fitofisionomia, indicando não ter preferência por nenhum dos ambientes. Já a família Dicyrtomidae por se encontrar próxima ao centro do gráfico, indica não apresentar uma relação direta ou indireta com nenhuma das fitofisionomias ou atributo químico do solo (Figura 5). Quanto a isso, pode-se afirmar que estas famílias parecem ser menos exigentes quanto as características ambientais de cada fitofisionomia onde foram coletadas.

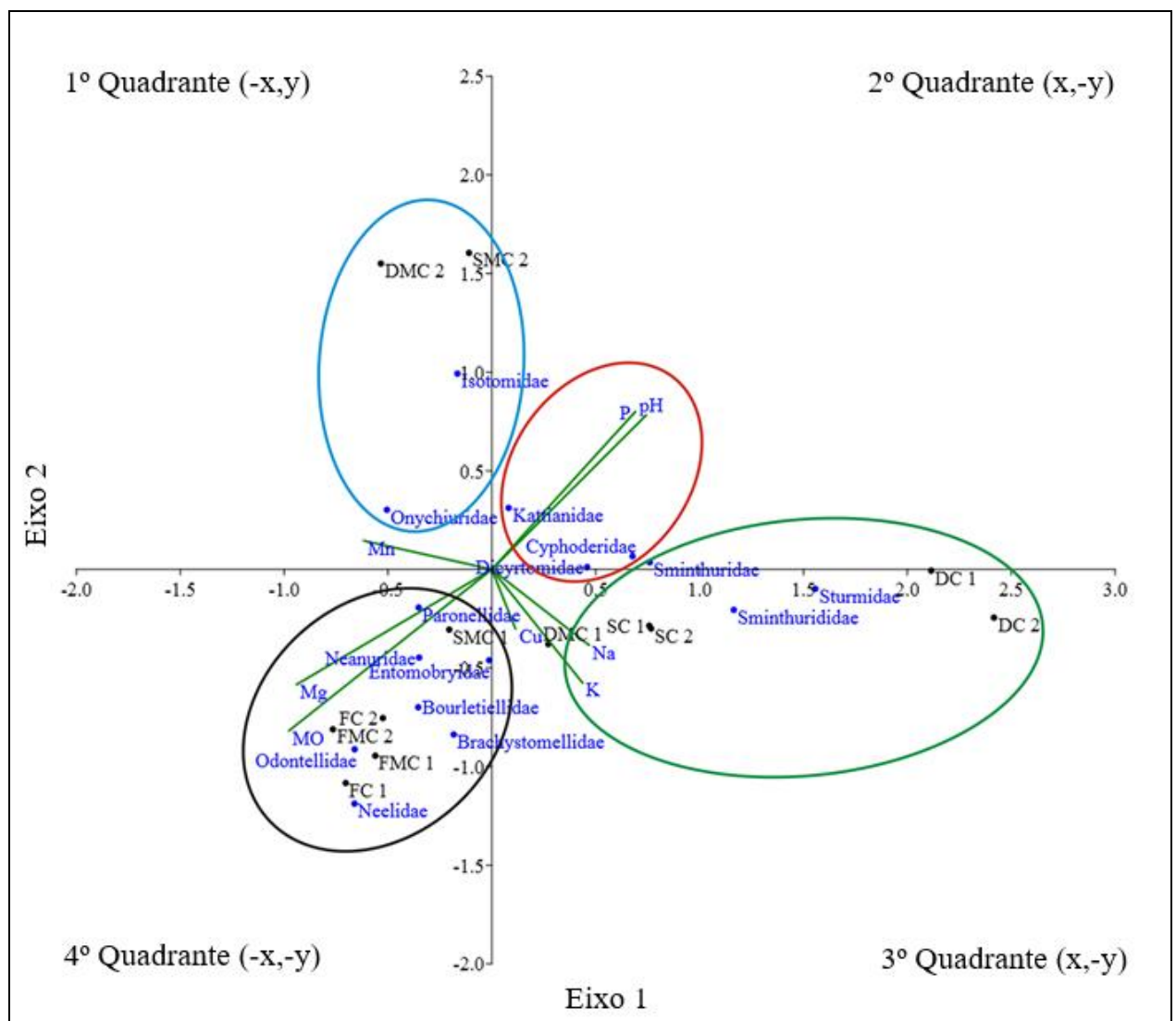


Figura 5. Gráfico da Análise de Correspondência Canônica (ACC), com escalonamento tipo 2, indicando a covariância (variabilidade) nos dados dos componentes 1 e 2 e correlação das variáveis ambientais por fisionomia, Floresta, Dendzeal e Sistema Agroflorestal (SAF), nos períodos chuvoso e menos chuvoso. FC 1 (Floresta, período chuvoso, 1ª coleta); FC 2 (Floresta, período chuvoso, 2ª coleta); FMC 1

(Floresta, período menos chuvoso, 1ª coleta); FMC 2 (Floresta, período chuvoso, 2ª coleta); DC 1 (Dendezal, período chuvoso, 1ª coleta); DC 2 (Dendezal, período chuvoso, 2ª coleta); DMC 1 (Dendezal, período menos chuvoso, 1ª coleta); DMC 2 (Dendezal, período menos chuvoso, 2ª coleta); SC 1 (SAF, período chuvoso, 1ª coleta); SC 2 (SAF, período chuvoso, 2ª coleta); SMC 1 (SAF, período menos chuvoso, 1ª coleta); SMC 2 (SAF, período menos chuvoso, 2ª coleta).

Diversidade de colêmbolos e atributos químicos do solo por fitofisionomia

No total foram coletados 86.770 colêmbolos, pertencentes a 15 famílias, o que representa 79% das 19 famílias existentes no Brasil (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2011). Entre as fitofisionomias apenas na floresta primária houve a ocorrência de todas as 15 famílias, enquanto que no dendezal foram registradas 12 famílias e no SAF 13 famílias (Tabela 3). Além disso, obtiveram-se resultados sobre os atributos químicos do solo, onde a floresta se destaca com maior quantidade de recursos (Tabela 4).

Tabela 3. Famílias, abundância e percentual de Collembola por período chuvoso e menos chuvoso, na Floresta Primária, Dendezal (monocultura de dendê) e Sistema Agroflorestal (SAF), coletados em Santa Bárbara, Pará.

FAMILIAS	Período chuvoso					Período menos chuvoso					TOTAL
	FP	PD	SAF	Total	%	FP	PD	SAF	Total	%	
Bourletiellidae	247	30	25	302	0,77	69	-	17	86	0,18	388
Brachystomellidae	1.584	150	286	2.020	5,12	230	26	55	311	0,66	2331
Cyphoderidae	-	19	76	95	0,24	3	22	13	38	0,08	133
Dicyrtomidae	380	607	334	1.321	3,35	236	555	89	880	1,86	2201
Entomobryidae	868	670	1.642	3.180	8,07	2.995	744	358	4.097	8,65	7277
Isotomidae	882	1.238	1.040	3.160	8,02	495	11.110	3.776	15.381	32,49	18541
Kattianidae	28	1	160	189	0,48	35	13	278	326	0,69	515
Neanuridae	6.555	577	531	7.663	19,44	2.990	1.621	1.483	6.094	12,87	13757
Neelidae	1	-	-	1	0,00	8	-	-	8	0,02	9
Odontellidae	96	-	-	96	0,24	209	-	-	209	0,44	305
Onychiuridae	4	-	-	4	0,01	33	29	21	83	0,18	87
Paronellidae	7.725	1.370	1.616	10.711	27,17	9.420	6.961	1.054	17.435	36,82	28146
Sminthuridae	260	1.222	30	1.512	3,84	267	689	467	1.423	3,01	2935
Sminthurididae	361	1.355	96	1.812	4,60	174	326	70	570	1,20	2382
Sturmidae	254	5.361	1.743	7.358	18,66	67	226	112	405	0,86	7763
Total de exemplares	19.245	12.600	7.579	39.424	100	17.231	22.322	7.793	47.346	100	86770
Número de Famílias	14	12	12			15	12	13			15

No período chuvoso, observou-se que a maioria dos fatores abióticos (atributos químicos) apresentou diferença significativa entre os diferentes tipos de vegetação, exceto para o sódio e o cobre (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios dos atributos químicos do solo na camada de 0-20 cm, seguidos da mesma letra nas linhas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$), nos sistemas de floresta primária (FP), plantação de dendê (PD) e sistema agroflorestal (SAF), no município de Santa Bárbara, PA.

Variável (0-20 cm)	Período chuvoso				Período menos chuvoso				
	FP	PD	SAF	p	FP	PD	SAF	p	
Umidade (%)	30.82 a	15.21 b	15.24 b	< 0.01	29.58 a	21.73 b	14.81 c	< 0.01	
pH	4.11 a	4.83 b	5.32 c	< 0.01	3.88 a	4.42 b	5.21 c	< 0.01	
Acidez (cmolc/Kg)	10.74 a	3.34 b	3.37 b	< 0.01	9.25 a	3.90 b	1.72 c	< 0.01	
K (cmolc/Kg)	0.17 a	0.12 b	0.11 b	0.02	0.01 a	0.01 a	0.01 c	< 0.01	
Na (cmolc/Kg)	0.21 a	0.19 a	0.14 a	0.68	0.01 a	0.01 b	0.01 b	< 0.01	
P (cmolc/Kg)	3.91 a	43.10 b	17.77 a	< 0.01	1.79 a	52.52 b	8.98 a	< 0.01	
Ca (cmolc/Kg)	1.12 a	0.44 a	0.90 a	< 0.01	0.70 a	0.74 a	0.98 a	0.25	
Mg (cmolc/Kg)	0,70	0,27	0,70	< 0.01	0.65 a	0.46 a	0.46 a	0.22	
Al (cmolc/Kg)	2.11 a	0.86 b	0.46 c	< 0.01	2.33 a	0.97 b	0.38 c	< 0.01	
SB (cmolc/Kg)	2.08 a	1.00 b	2.00 a	< 0.01	1.37 a	1.44 a	1.57 a	0.65	
CTC (cmolc/Kg)	12.90 a	4.43 b	5.13 b	< 0.01	10.59 a	5.10 b	3.34 c	< 0.01	
V (%)	15.58 a	22.65 a	35.08 c	< 0.01	12.17 a	21.28 b	43.71 c	< 0.01	
Fe (mg/Kg)	1018.78 a	681.00 b	357.26 c	< 0.01	1115.63 a	536.96 b	446.56 b	< 0.01	
Cu (mg/Kg)	1.42 a	1.12 a	4.65 a	0.29	2.36 a	0.64 b	0.71 b	< 0.01	
Zn (mg/Kg)	3.47 a	1.77 b	1.65 b	< 0.01	2.53 a	1.19 b	1.20 b	< 0.01	
Mn (mg/Kg)	2.75 a	0.88 b	3.35 a	0.01	2.44 a	3.14 a	1.31 a	0.35	
C (g/Kg)	27.12 a	6.68 b	10.31 b	< 0.01	22.64 a	13.74 b	9.68 c	< 0.01	
Nitrogênio (g/Kg)	2.04 a	1.00 b	0.98 b	< 0.01	2.10 a	1.29 b	1.04 c	< 0.01	
Matéria orgânica (g/Kg)	46.75 a	11.52 b	17.77 b	< 0.01	39.54 a	23.98 b	14.12 c	< 0.01	
Biomassa do Solo	C. microb. (mg.kg)	448.12 a	148.42 b	119.79 b	< 0.01	802.15 a	421.12 b	339.04 b	< 0.01
	N. microb. (mg.kg)	887.94 a	139.31 b	92.09 a	< 0.01	1122.87 a	330.26 b	111.21 b	< 0.01

A Floresta Primária (FP) foi o ambiente que apresentou os maiores teores de umidade do solo (30.82%), acidez (10.74 cmolc/Kg), potássio (K= 0.17 cmolc/Kg), cálcio (Ca= 1.12 cmolc/Kg), alumínio (Al= 2.11 cmolc/Kg), capacidade de troca de cátions (CTC= 12.90 cmolc/Kg), ferro (Fe= 1018.78 mg/Kg), zinco (Zn= 3.47 mg/Kg), manganês (Mn= 2.75 mg/Kg), carbono (C= 27.12 g/Kg), nitrogênio (N= 2.04 g/Kg), matéria orgânica (MO= 46.75 mg/Kg), carbono microbiano (C_{microb.}= 448.12 mg.kg) e nitrogênio microbiano (N_{microb.}= 887.94 mg.kg) (Tabela 4).

No período menos chuvoso, a Floresta Primária apresentou menores valores apenas para os atributos químicos: Percentagem de Saturação por Bases (12.17), pH (3.88), (que foram maiores no SAF: V= 43.71% e pH = 5.21) e fósforo (1.79), (que foi maior no Dendezal = 52.52 cmolc/Kg). Observou-se

ainda, nesse período, que os atributos químicos de cálcio, magnésio, soma de bases e manganês, não apresentaram diferença significativa entre as diferentes fitofisionomias estudadas (Tabela 4).

Os valores superiores de umidade do solo para a Floresta Primária, no período chuvoso, proporcionam melhores condições para a fauna de solo e conseqüentemente para os colêmbolos, devido apresentar altos teores de matéria orgânica e concentração de Al, os quais elevam a capacidade de troca de cátions (CTC) no solo (HAY; LACERDA, 1984). Estudo de Moreno e Schiavini (2001) corroboram o observado neste estudo, visto que, o CTC está diretamente relacionado a diferentes tipos de vegetação, sendo suas maiores concentrações encontradas em ambientes de floresta.

Esses fatores abióticos do solo podem ter estreita relação com a maior abundância e riqueza de Collembola (n= 19.245 indivíduos; 14 famílias) encontrada, no período chuvoso (grande umidade no solo), na Floresta Primária, sendo as famílias mais abundantes Paronellidae (n= 7.725) e Neanuridae (n= 6.555), que juntas representaram 74,2% da colembofauna coletada, nessa fitofisionomia (Tabela 3). Essa grande abundância pode ter ocorrido devido, principalmente, ao solo da Floresta Primária apresentar o maior teor de matéria orgânica e umidade, o que promoveu maior quantidade de alimento e água para o desenvolvimento dos colêmbolos (ZEPPELINI-FILHO; BELLINI, 2004; MARQUES et al., 2009), favorecendo a fase reprodutiva desses invertebrados, o que poderia explicar o aumento populacional observado.

Além disso, grande parte dos colêmbolos são microbívoros, que por se alimentarem de fontes microbianas absorvem os elementos C, N e P, sendo que uma porção destes elementos é incorporada na biomassa dos colêmbolos (HUANG et al., 2012), e outra parte é liberada através das fezes (HOPKIN, 1997) estimulando a mobilização e mineralização desses elementos. Por esta razão, os colêmbolos contribuem para a disponibilidade de C, N e P na serapilheira, tornando-a mais acessível aos decompositores (BECK et al.; 1997, PONGE 2000) e o ambiente propício para o desenvolvimento da mesofauna e aos próprios colêmbolos, devido a boa qualidade de recursos no solo, que apresentará auto teor de umidade, matéria orgânica, biomassa microbiana, C, e N, essências para a alimentação e sobrevivência desses invertebrados. Além disso, a presença destas características no solo demonstra o papel dos colêmbolos, na decomposição da matéria orgânica, no controle da biomassa de fungos e bactérias (MELO et al., 2009), fornecendo com isso uma boa qualidade para este ambiente.

Vale ressaltar que o pH da floresta, é considerado baixo, portanto ácido, o que também pode ter favorecido maior abundância dos colêmbolos, pois menores teores de pH no solo favorecem o surgimento de fungos (fonte de alimento para os colêmbolos) nos ambientes (COLLINS et al., 1992).

Quando comparado com o período chuvoso, nota-se que houve uma pequena redução da diversidade e abundância de colêmbolos no ambiente de floresta, com maior representatividade das famílias Paronellidae (n= 9.420), Entomobryidae (n= 2.995) e Neanuridae (n= 2.990), equivalente a 89,4% da colembofauna (Tabela 3). Essa mínima diferença se deve a pequena redução nos teores de matéria orgânica e umidade do solo na Floresta. Entretanto, este ambiente mesmo com a redução de alguns recursos, ainda é propício ao desenvolvimento dos Collembola, pois o solo, mesmo com as características citadas, apresenta uma boa qualidade de recursos, principalmente de biomassa microbiana.

É importante destacar que, uma baixa populacional pode representar a sobrevivência de espécies, populações e de comunidades, quando frente à escassez de recursos, a fim de garantir a existência destes organismos, quando houver a melhor condição de recursos. Esse resultado, pode ser entendido como uma resposta biológica a condição ambiental menos favorável aos colêmbolos. Além disso, o percentual de umidade ainda é favorável para o desenvolvimento dos colêmbolos. Pois, de acordo com Reddy (1984), esses animais se desenvolvem bem, quando a umidade do solo varia de 12% a 36% e que em condições de seca estes migram para partes mais profundas do perfil do solo, e retornam para a superfície quando este estiver mais úmido, indicando haver uma relação positiva entre os representantes de Collembola e a água no solo.

Em contrapartida, na plantação de dendê (PD), observou-se que no período menos chuvoso houve aumento dos teores de umidade (21.73%), Al (0.97 c_{molc}/Kg), CTC (5.10 $c_{molc}/Kg /Kg$), C (13.74 g/Kg), N (1.29 g/Kg), MO (23.98 g/Kg), biomassa $C_{microb.}$ (421.12 mg/Kg) e $N_{microb.}$ (330.26 mg/Kg), quando comparado com o período chuvoso (Tabela 4). O aumento destes fatores abióticos neste ambiente, principalmente os teores de matéria orgânica e umidade do solo podem ter sido os responsáveis pelo aumento da abundância de colêmbolos de 12.600 para 22.322 exemplares entre os períodos chuvoso e menos chuvoso. Além disso, no período menos chuvoso, 81% dos Collembola pertenciam as famílias Isotomidae (n= 11.110) e Paronellidae (n= 6.961), enquanto que no período

chuvoso 64,2% dos colêmbolos foi representada pelas famílias Sturmiidae (n= 5.361), Paronellidae (n= 1.370) e Sminthurididae (n= 1.355) (Tabela 3).

De acordo com Jacquemin et al. (2012), estudando florestas tropicais do Equador, Peru e Panamá, demonstraram que não é somente a matéria orgânica e a umidade, que influenciam o aumento da densidade populacional de colêmbolos, mas também o aumento das concentrações de C, N e P no solo e consequente aumento da biomassa microbiana. Deste modo, o aumento dos teores principalmente da umidade, matéria orgânica, C, N, CTC e biomassa microbiana, observados na plantação de dendê, podem ter influenciado na composição das famílias e da abundância de colêmbolos, nesta fitofisionomia.

No SAF, notou-se baixos teores dos atributos químicos em comparação a floresta durante os dois períodos de estudo (Tabela 3). Esta baixa quantidade de recursos, torna-se limitante para o maior desenvolvimento da abundância de Collembola neste tipo de vegetação, que no período chuvoso foram coletados 7.579 colêmbolos, com maior abundância das famílias Sturmiidae (n= 1.743), Entomobryidae (n= 1.642) e Paronellidae (n= 1.616), que representavam 66% das 12 famílias coletadas (Tabela 3). Já no período menos chuvoso, houve aumento discreto na abundância de Collembola para 7.793 indivíduos, distribuídos em 13 famílias, com maior abundância para Isotomidae (n=3.776), Neanuridae (n=1.483) e Paronellidae (n= 1.054) (Tabela 3).

Vale destacar, que o solo do SAF não é muito ácido, sendo determinado, no período chuvoso, a acidez igual a 3.37 e no período menos chuvoso de 1.72. A baixa acidez do solo neste tipo de vegetação pode ter influenciado a baixa abundância de Collembola. Pois, segundo Silva et al., (2015) alterações na acidez assim como no pH interferem na diversidade dos colêmbolos, haja vista que, a presença ou ausência de algumas espécies pode estar relacionada com a disponibilidade de íons específicos na água. Portanto, o manejo realizado em áreas agrícolas, com a finalidade de melhorar a fertilidade e diminuir a acidez do solo, provoca variações no pH que podem causar estresse nessas comunidades.

Os resultados obtidos neste estudo geraram informações pioneiras sobre a abundância e riqueza dos grupos que compõem a fauna de Collembola para as três fitofisionomias, no município de Santa Bárbara do Pará.

CONCLUSÃO

Entre as fitofisionomias estudadas a Floresta Primária apresentou os melhores índices para os atributos químicos do solo, abundância e diversidade de colêmbolos. Esta fitofisionomia também exerceu maiores influências na densidade das populações das famílias de Collembola, quando em comparação a Plantação de Dendê e o Sistema Agroflorestal (SAF), indicando que a colembofauna é fortemente influenciada pelos atributos químicos do solo e as características das diferentes fitofisionomias. A família Paronellidae foi a mais abundante na Floresta Primária, enquanto Isotomidae foi a predominante na Plantação de Dendê e no SAF.

A umidade relativa do solo é o atributo que parece ter grande influência na química do solo e em seus respectivos processos, os quais exercem importância significativa no equilíbrio e conseqüentemente na qualidade do solo, o que foi evidente pela grande relação existente entre os elementos químicos e a umidade, observados neste estudo.

A análise de componentes principais (PCA) neste trabalho evidenciou uma forte correlação entre a maioria dos elementos químicos estudados, indicando que poucos desses elementos (máxima variância) são suficientes para explicar os processos biológicos existentes nos ambientes estudados. Por outro lado, a análise de correspondência canônica (ACC) comprovou a existência de correlação entre a maioria das famílias de colêmbolos com os atributos do solo na floresta Primária, tanto no período chuvoso quanto no menos chuvoso, indicando que a composição química do solo se mantém estável nesta fitofisionomia, com poucas alterações, em relação à Plantação de Dendê e SAF.

Pode-se admitir, ainda que, embora se tenha analisado separadamente os elementos físico-químicos e químicos do solo, quanto à colembofauna, em conjunto se percebeu, que a umidade relativa atua como um elemento facilitador e promotor de equilíbrio entre os elementos químicos e conseqüentemente a produção de matéria orgânica no solo. Isso é importante, pois favorece o desenvolvimento de processos biológicos fundamentais que atuam diretamente na qualidade ambiental que os colêmbolos necessitam para viver, tais como fatores alimentícios (produção de fungos e bactérias) entre outros.

REFERÊNCIAS

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

DENPASA – Dendê do Pará-S/A. História. Disponível em: <http://denpasa.com.br/pt-br/historia/>. Acesso em: 12 de novembro de 2018.

BREVIK, E. C.; CERDÀ, A.; MATAIX-SOLERA, J.; PEREG, L.; QUINTON, J. N.; SIX, J.; VAN OOST, K. The interdisciplinary nature of SOIL. **Soil**, v. 1, n. 1, p. 117-129, 2015.

BECK, L.; HÖFER, H.; MARTIUS, C.; RÖMBKE, J.; VERHAAGH, M. 1997. Boden biologie tropischer Regenwälder. **Geographischer Rundschau**, 1: 24-31.

CASSAGNE, N.; GERS, C.; GAUQUELIN, T. Relationships between Collembola, soil chemistry and humus types in forest stands (France). **Biology and Fertility of Soils**, v. 37, n. 6, p. 355-361, 2003.

COLLINS, H. P.; RASMUNSEN, P. E.; DOUGLAS Jr, C. L. Crop rotation and residue management effects on soil carbon and microbial dynamics. **Soil Science Society of America Journal**, 56: 783-788, 1992.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos. 3º Ed. Brasília. 2013, 353 p.

FISCH, G.; MARENGO, J. M.; NOBRE, C. A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazônica**, v.28, n.2, p.01-126. 1998.

GANGE, A. C.; BOWER, E. Interactions between insects and mycorrhizal fungi. In: GANGE, A. C.; BROWN, V. K. (Orgs.) **Multitrophic Interactions in Terrestrial Systems**. Oxford: Blackwell Science, 1997, p. 115-132.

GARDI, C.; MONTANARELLA, L.; ARROUAYS, D.; BISPO, A.; LEMANCEAU, P.; JOLIVET, C.; MULDER, C.; RANJARD, L.; RÖMBKE, J.; RUTGERS, M.; MENTA, C. Soil biodiversity monitoring in Europe: ongoing activities and challenges. **European Journal of Soil Science**, 60, 807–819. 2009.

HAMMER, O.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, p. 1-9. 2001.

HAY, J. D.; LACERDA, L. D. **Ciclagem de nutrientes no ecossistema restinga**. In Restinga: L. D. Lacerda, D. S. D. Araújo, R. Cerqueira & B. Turq, eds. Origem, estrutura, processos. CEUFF, Niterói, 1984, p.461-477.

HOPKIN, S. P. Biology of the Springtails (Insecta: Collembola). Oxford: **Oxford University Press**, 1997.

HUNBER, F.; REIS, F. H. Técnica Alternativa para Montagem de Insetos em Lâminas Permanentes para Visualização em Microscopia Óptica. **EntomoBrasilis**, 4(1):13-19. 2011.

HUANG, C.; TULLY, K. L.; CLARK, D.; OBERBAUER, S. F.; MCGLYNN, T. P. The $\delta^{15}\text{N}$ signature of the detrital food web tracks a landscape-scale soil phosphorus gradient in a Costa Rican lowland tropical rain Forest. **Journal of Tropical Ecology**, 28:395–403. 2012.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Cidades. Acessado em: 15 de outubro de 2010.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biol.Fertil. Soils**, 1998, 27:408-416.

JACQUEMIN, J.; MARAUN, M.; ROISIN, Y.; LEPONCE, M. Differential response of ants to nutrient addition in a tropical Brown Food Web. **Soil Biology & Biochemistry**, 46, 10-17. 2012.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical Ecology**, 2nd English ed. Elsevier, 853 pp, 1998.

MARQUES, M. I.; SANTOS, G. B.; BATTIROLA, L. D.; TISSIANI, A. S. O. Entomofauna associada à matéria orgânica em bainhas foliares de *Attalea phalerata* Mart. (Arecaceae), na região norte do Pantanal de Mato Grosso. **Acta Biol. Par.**, v. 38, n. 3-4, p. 93-112, 2009.

MOLDENKE, A. R. Arthropods. In: WEAVER, R.W. et al. (Eds.). **Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties**. Part 2. Madison: SSSA, 1994, p. 517-542.

MELO, F. V. de; BROWN, G. G.; CONSTANTINO, R.; LOUZADA, J. N. C.; LUIZÃO, F. J.; MORAIS, J. W. de; ZANETTI, R. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 39-43, 2009.

MOREIRA, F. M. S.; HUISING, E. J.; BIGNELL, D. E. **Manual de biologia dos solos tropicais**. 2010. Lavras: UFLA.

MORENO, M. I. C.; SCHIAVINI, I. Relação entre vegetação e solo em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia (MG). **Revista brasil. Bot.**, v. 24, n. 4, p. 537-544, 2001.

PERES-NETO, P. R.; JACKSON, D. A.; SOMERS, K. M. Giving meaningful interpretation to ordination axes: assessing loading significance in principal component analysis. **Ecology**, v. 84, p. 2347-2363, 2003.

PONGE, J. F. **Acidophilic Collembola: living fossils?** Contrib. Biol. Lab. Kyoto Universit. 2000. 29:65-74.

REDDY, M. V. Seasonal Fluctuation of different edaphic microarthropods population densities in relation to soil moisture and temperature in a pine, *Pinus Kesiya* Royle plantation ecosystem. **Int. J. Biometeor**, Berlin, 1984, 28(1): 55-59.

SILVA, P. M.; CARVALHO, F.; DIRILGEN, T.; STONE, D.; CREAMER, R.; BOLGER, T.; SOUZA, J. P. Traits of collembolan life-form indicate land use types and soil properties across an European transect. **Applied Soil Ecology**. v. 97, p. 69-77, 2015.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA - SUDAM. Municípios Paraenses: Santa Bárbara do Pará. Belém: Governo do Estado do Pará, **SEPLAN**, 36 p. (Novos Municípios, v. 33). 1993.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Embrapa Solos: Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. 2017, 573 p.

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. **Estudo dos Insetos**. Tradução da 7ª edição de Borro and Delong's introduction to the study of insects. Cengage Learning. São Paulo. 2011.

WAGG, C.; BENDER, S. F.; WIDMER, F.; VAN DER HEIJDEN, M. G. A. Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 111, n. 14, p. 5266-5270, 2014.

ZEPPELINI, D. Collembola Lubbock, 1873. In: RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B.; CASARI, A. A.; CONSTANTINO, R. **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. –Editora: Holos, São Paulo, 2012.

ZEPPELINI-FILHO, D.; BELLINI, B. C. **Introdução ao estudo dos Collembola**. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2004.

Capítulo III

**CARTILHA EDUCATIVA:
“IMPORTÂNCIA AMBIENTAL DOS COLÊMBOLOS NA NATUREZA”**

CARTILHA EDUCATIVA

“IMPORTÂNCIA AMBIENTAL DOS COLÊMBOLOS NA NATUREZA”

A cartilha educativa intitulada: “Importância Ambiental dos Colêmbolos na Natureza” reúne informações sobre um pequeno grupo de artrópodes, que fazem parte da biodiversidade amazônica. Esta cartilha é fruto de um trabalho de dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Estado do Pará (PPGCA/UEPA), que contou com a parceria e apoio da empresa DENPASA (Dendê do Pará) e do Museu Paraense Emílio Goeldi. O estudo em questão abordou a comunidade de colêmbolos e a caracterização química do solo em três diferentes ambientes situados no município de Santa Barbara – PA.

Todas as informações apresentadas nesta cartilha estão em linguagem simples e clara, e abordam aspectos gerais sobre o corpo dos colêmbolos, e sua importância na natureza. Apesar de desenvolver muitas funções de vital importância para o meio ambiente, os colêmbolos ainda são desconhecidos para as pessoas e facilmente passam despercebidos, principalmente por serem animais pequenos. Por isso, esta cartilha trata destes invertebrados, ressaltando suas principais funções ecológicas, aspectos do ciclo de vida e curiosidades, afim de tornar estes invertebrados mais conhecidos pelas pessoas.



GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

Importância Ambiental dos colêmbolos na Natureza

Andreza Mesquita Martins
Ana Lúcia Nunes Gutjahr
Carlos Elias de Souza Braga

IMPORTÂNCIA AMBIENTAL DOS COLÊMBOLOS



NA NATUREZA

Andreza Mesquita Martins
Ana Lúcia Nunes Gutjahr
Carlos Elias de Souza Braga



GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

Presidente do Brasil
Jair Messias Bolsonaro

Governador do Estado do Pará
Helder Zühluth Barbalho

Reitor
Rubens Cardoso da Silva

Vice-Reitor
Clay Anderson Nunes Chagas

Diretora do CCNT
Eliane de Castro Coutinho

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais
Altem Nascimento Pontes

Apresentação

A cartilha “Importância Ambiental dos Colêmbolos na Natureza” reúne informações sobre um pequeno grupo de artrópodes, que fazem parte da biodiversidade amazônica.

Os colêmbolos são invertebrados muito pequenos que vivem no solo que fazem parte da fauna edáfica. Eles desenvolvem na natureza vários serviços ecológicos, como a ciclagem de nutrientes no solo, que é fundamental para o estabelecimento de florestas (fauna e flora). Estes animais constituem o grupo de invertebrados do solo mais representativo, podendo ser encontrados em diversos lugares do globo terrestre (geleiras, cavernas, áreas montanhosas, florestas, e etc).

Esta cartilha é fruto de um trabalho de dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Estado do Pará (PPGCA/UEPA), que contou com a parceria e apoio da empresa DENPASA (Dendê do Pará) e do Museu Paraense Emílio Goeldi. O estudo em questão abordou a comunidade de colêmbolos e a caracterização química do solo em três diferentes ambientes situados no município de Santa Barbara – PA.

Todas as informações apresentadas nesta cartilha estão em linguagem simples e clara para facilitar a compreensão do leitor de qualquer faixa etária e nível educacional. Nesta, encontram-se informações gerais e aspectos sobre a o corpo dos colêmbolos, e sua importância na natureza. Portanto, essa cartilha constitui uma importante ferramenta de difusão de conhecimento científico, principalmente pelo fato dos colêmbolos e sua atuação no ambiente ser pouco conhecida pela população em geral.

Sumário

Introdução.....	6
1. Características de Colêmbola	7
1.1 O corpo dos colêmbolos	7
1.2 . Ciclo de vida	9
2. Funções Ambientais da Collembofauna	10
2.1 Ciclagem de Nutrientes	10
2.2 Elementos da Cadeia Alimentar	12
2.3 Mineralizadores do Solo	13
2.4 Bioindicadores	14
3. Fatores que Influenciam na Composição da Colembofauna	15
4. Algumas Curiosidades	16
Considerações Finais.....	17



Introdução

A Amazônia é conhecida por apresentar grande biodiversidade, devido a sua elevada riqueza de flora e fauna de vertebrados e invertebrados, que inclui ampla diversidade de milhares de organismos edáficos, que vivem em diferentes tipos de solos da região.

Dentre os organismos edáficos, destacam-se pequenos invertebrados conhecidos popularmente como colêmbolos ou “pulgas-de-jardim”, que detêm uma alta representatividade dentro da fauna do solo, pois estão entre os artrópodes terrestres mais abundantes na natureza. Os colêmbolos pertencem ao filo Arthropoda (pernas articuladas) e faz parte do grupo Hexapoda (seis pernas) e a Classe Collembola, sendo considerados insetos primitivos.

Estes podem variar de 0,2 a 3 mm de tamanho, apresentam corpo com cerdas ou escamas, com grande variedade de coloração podendo ser esbranquiçado, escuro, amarela verde, e até mesmo brilhantes ou metálicas. O revestimento do corpo é delicado e necessitam de uma boa umidade no solo para não dessecar.

Ecologicamente, os colêmbolos desempenham papel importante para a manutenção e equilíbrio dos ecossistemas terrestres, pois, realizam serviços ecológicos, como o controle da população e distribuição de microrganismos do solo (bactérias e fungos), ciclagem de nutrientes, atuam na formação da microestrutura do solo, são elementos importantes das cadeias alimentares, servem como bioindicadores ambientais e matam inúmeras relações ecológicas com outros animais, plantas e com o meio ambiente.

Apesar de desenvolver muitas funções de vital importância para o meio ambiente, os colêmbolos ainda são desconhecidos para as pessoas e facilmente passam despercebidos, principalmente por serem animais pequenos. Por isso, esta cartilha aborda estes invertebrados, ressaltando suas principais funções ecológicas, aspectos do ciclo de vida e curiosidades, afim de tornar estes invertebrados mais conhecidos pelas pessoas.



1. Características dos colêmbolos

1.1. O corpo dos colêmbolos

Os colêmbolos apresentam três pares de pernas, não possuem asas, todas as espécies possuem antenas, e a maioria destes artrópodes são caracterizados por apresentarem a “fúrcula”. São considerados insetos “primitivos” que mantêm o padrão de divisão corporal da classe Insecta, com subdivisão em cabeça, tórax e abdômen (Figura 1).

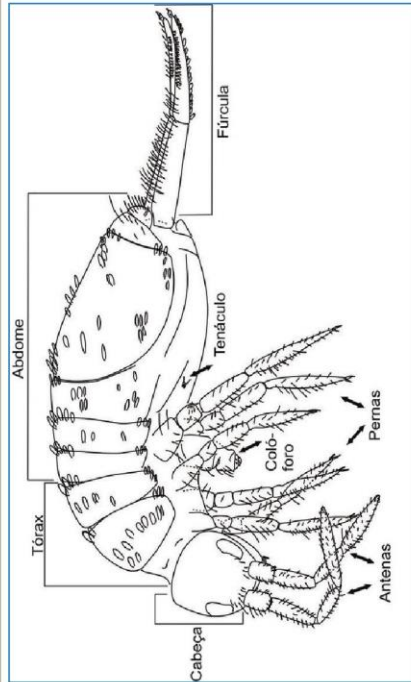


Imagem: Google imagens

Figura 1: anatomia externa de Collembola

O corpo dos colêmbolos pode ser alongado ou globoso, recoberto com cerdas (pêlos) ou escamas. Em geral, são de cor esbranquiçada, escura, amarela verde, entre outras, e muitos têm cores brilhantes ou metálicas. Estes pequenos artrópodes terrestres podem variar de 0,2 a 3 mm de tamanho, e estão divididos em quatro grupos (Quadro 1).

Você sabia?

A palavra Collembola, é derivada do grego, e significa “projeção que adere ao substrato”. Esse nome faz referência a estrutura colóforo, que é responsável pela absorção de água e por manter o animal aderido ao substrato em que se encontra.

Quadro 1: Os quatro Grupos de colêmbolos e suas características.



Entombryomorpha

O corpo é alongado, vivem na camada superficial do solo e exploram o folhíço, ou seja as folhas secas do solo das florestas. Este grupo possui quatro famílias: Paronellidae, Isotomidae, Entombryidae, e Cyphoderidae.



Poduromorpha

O grupo possui o corpo com forma mais generalizado, que pode ser alongado, cilíndrico ou achatado. Neste grupo estão presentes seis famílias: Hypogastruridae, Neauridae, Onychiuridae, Tullbergiidae, Brachystomellidae, e Odontellidae.



Symphypleona

Apresenta corpo globoso, com os quatro primeiros segmentos abdominais responsáveis pela formação do corpo. Neste estão presentes as famílias: Dicyrtomidae, Sminthuridae, Arrhopalitidae, Sturmidae, Bourletellidae, Sminthuridae, Katiannidae.



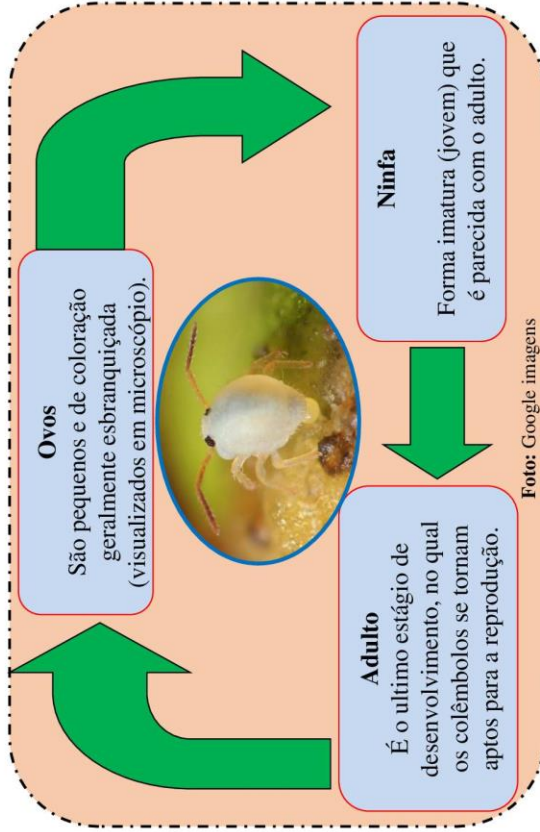
Neelipleona

Apresentam corpo globoso, porém seu torax é aumentado, formando a maior parte do corpo. Sendo presente nesse grupo apenas a família Neelidae.

Fotos: Martins (2018) e Google imagens adaptadas.

1.2. Ciclo de vida

Colêmbolos são ametábolos, ou seja, não sofrem metamorfose, pois o imaturo (nínfa) possui a forma do corpo semelhante ao adulto, diferenciando-se apenas, pela redução do tamanho de pêlos e/ou escamas, coloração fraca, e ausência de abertura genital.



O ciclo de vida dos colêmbolos é de cerca de dois meses, mais pode se estender de cinco a 10 meses. A quantidade de ovos é variável entre as espécies, que podem ovipor até seis lotes de ovos que pode conter até 50 ovos. A duração da incubação dos ovos varia de uma espécie para outra e conforme as condições de umidade e de temperatura do solo.

Você sabia?

Os ovos dos colêmbolos são mais resistentes do que os indivíduos na fase adulta às adversidades do pedoclima e podem constituir forma de sobrevivência até eclodirem.



2. Funções Ambientais da Colembofauna

2.1. Ciclagem de Nutrientes

É o processo de entrada de nutrientes no solo a partir da matéria orgânica. Promove a **fertilização**.

A fertilização do solo ocorre devido à decomposição da matéria orgânica (plantas e animais mortos).

A maioria dos solos da floresta amazônica possui baixa fertilidade química natural. Devido a isso, sua sobrevivência, alta produtividade de espécies nativas e diversidade vegetal dependem da reciclagem da matéria orgânica, desenvolvida fortemente pela atividade biológica de organismos como os colêmbolos.

As taxas de decomposição nas florestas são fortemente dependentes da ação dos organismos do solo (fungos, bactéria e animais edáficos), que é mais intensificada durante a estação chuvosa (quando a umidade é mais favorável à ação biológica) do que na estação menos chuvosa.

A fauna de Collembola é de grande importância para o meio ambiente, pois, estes invertebrados ao se alimentar da matéria orgânica morta e de microorganismos do solo, agem de forma efetiva na ecologia microbiana do solo e na fertilidade (Figura 2).

Na ciclagem de nutrientes os colêmbolos atuam como detritívoros, transformando a matéria orgânica em partículas muito pequenas possibilitando a absorção destas, pelas plantas. Além disso, a deposição de suas fezes altera a composição física e a estrutura do solo, possibilitando boa qualidade edáfica, contribuindo para o equilíbrio e manutenção da vida nos ecossistemas terrestres.



Foto: adaptado (Google imagens)

Figura 2: Colêmbolos se alimentando no solo

Os colêmbolos contribuem também com a decomposição de resíduos de plantas e fungos na superfície do solo, influenciando no reservatório de Nitrogênio e Carbono.

A atuação dos colêmbolos no solo, por meio da atividade microbiana, pode contribuir, não somente com a fertilidade, mas também, na distribuição de esporos de fungos, na devolução de fons ao solo para possibilitar a absorção de nutrientes pelas plantas, e na inibição de fungos e bactérias causadoras de doenças em plantas.

Você sabia?

No ambiente subterrâneo, os colêmbolos apresentam grande importância aumentando a superfície orgânica disponível para os mineralizadores (bactérias), facilitando o processo de decomposição.

2.2. Elementos da Cadeia Alimentar

A **Cadeia alimentar** é a sequência de matéria e energia trocada entre os seres vivos através da alimentação. Por isso, os seres vivos presentes na cadeia alimentar dependem uns dos outros para sobreviver nos diferentes ecossistemas existentes no planeta.

Os colêmbolos estão presentes nas cadeias alimentares de diversas formas, consumido (comendo) bacterias, fungos, detritos vegetais e de animais mortos. Ressalta-se também que existem algumas espécies de Collembola, que se alimentam de fluidos e seu aparelho bucal é apropriado para sugar ou, que são carnívoras, se alimentando de outros pequenos invertebrados.

São importantes elementos da base da cadeia alimentar, pois servem de alimento para vários grupos de animais, como ácaros, aranhas, besouros, formigas, opiliões, amblipígios, centopéias, peixes, sapos, lagartos, aves, marsupiais e mamíferos (Figura 3).



Foto: adaptado (Google imagens)

Figura 3: Collembola servindo de alimento para um pseudo-escorpião e para uma aranha.

2.3. Mineralizadores do Solo

A mineralização de nutrientes do solo, ocorre através da liberação dos nutrientes retidos da matéria orgânica, os quais ficam depositados no solo.

A atuação de invertebrados mineralizadores possibilita a fixação de nitrogênio, ou a solubilização de fosfato, que são essenciais para a sobrevivência das plantas.

A fauna de Collembola atua diretamente na mineralização do solo, pois estes invertebrados interagem com outros microorganismos, decompondo e mineralizando os detritos do solo (Figura 4).

A atividade desenvolvida pelos colêmbolos aumenta o carbono orgânico dissolvido, libera amônia, e aumenta a mineralização de Nitrogênio no solo.



Foto: adaptado (Google imagens)

Figura 4: Populações de colêmbolos mineralizando nutrientes do solo.

Você sabia?

O tamanho relativamente grande das populações de colêmbolos e a influência direta destes na mobilização de nutrientes no solo, fazem desses organismos elementos fundamentais na produtividade local e em processos de agroecossistemas

13

2.4. Bioindicadores

Bioindicadores são organismos ou comunidades de seres vivos que respondem à poluição ambiental alterando suas funções vitais, comportamentos ou acumulando toxinas.

Os organismos bioindicadores podem indicar as condições ambientais em determinadas situações e, ainda, quantificar os danos causados ao meio.

Vários grupos de artrópodos (insetos, colêmbolos, ácaros e etc.), particularmente aqueles habitantes do solo, podem ser utilizados como bioindicadores na avaliação da qualidade ambiental.



Foto: adaptado (Google imagens)

Os colêmbolos são usados como bioindicadores ecológicos, pois, são mais eficientes e sensíveis a qualquer alteração antrópica ou desequilíbrio ecológico, além disso são invertebrados altamente diversificados em riqueza de espécies. A atuação dos colêmbolos como bioindicadores pode ser útil para avaliar as condições físico-químicas do solo, e também para verificar o progresso no processo de recuperação de áreas reflorestadas., visto que são os invertebrados mais abundantes na fauna de solo.

Figura 5: Collembola no solo.

Você sabia?

Os colêmbolos são descontaminantes ambientais, pois atuam na recuperação de solos contaminados e nos processos de despoluição de áreas agrícolas e industriais, pois, podem metabolizar alguns poluentes encontrados em solos agrícolas, inclusive tóxicos como o DDT.

14

4. Fatores que Influenciam na Composição da Colembofauna



São principalmente: as condições climáticas, as propriedades do solo (tipo de solo, estrutura, pH, teor de matéria orgânica, etc.) e a composição de espécies de organismos (plantas, microrganismos e outros animais edáficos).

A comunidade de colêmbolos é fortemente controlada pela temperatura e precipitação, sendo fortemente dependentes de água.

A falta de umidade pode aumentar a taxa de mortalidade das espécies mais sensíveis, situação que também afeta a comunidade fúngica do solo, que é importante fonte de alimento para os colêmbolos.

O corpo dos colêmbolos é muito sensível à dessecação e perda de água, que associado à ausência de cobertura vegetal e alta temperatura do solo, resulta em uma redução na população desses invertebrados.

Práticas específicas de manejo agrícola como a aplicação de pesticidas e herbicidas causam efeitos negativos na abundância e diversidade de colêmbolos.

A perda de matéria orgânica, a erosão, contaminação do solo, contaminação das águas subterrâneas, podem causar danos na diversidade e riqueza de organismos edáficos, do qual a fauna de colêmbolos faz parte.

As populações de colêmbolos podem sofrer influência da diversidade e de grandes populações de outros microrganismos na serrapilheira, que podem conter um grande número de predadores, ocasionando desequilíbrio na comunidade de Collembola.

15



5. Algumas Curiosidades

As populações dos colêmbolos são muito grandes chegando a 100.000/m³.

Ao atingir a maturidade, os colêmbolos adultos continuam com o processo de muda, que em algumas espécies pode ocorrer até 40 ou mais vezes.

Os colêmbolos possuem geograficamente distribuição cosmopolita, ou seja, são encontrados em todo globo terrestre, podendo viver em desertos, regiões glaciais (geladas), zonas costeiras ou mesmo dentro de cavernas.

Os colêmbolos não fazem seus próprios túneis no solo e, por isso, são dependentes dos poros existentes no solo, cheios de ar, com dimensões de pelo menos a largura de seu corpo.

A estrutura chamada fúrcula nos colêmbolos é um mecanismo de defesa para escapar da predação, pois, quando bem desenvolvida, oferece um meio de escape eficiente por promover grandes saltos (como, uma catapulta).

Algumas espécies de colêmbolos, possuem como defesa, o corpo recoberto por “pelos” e escamas, que entopem o aparelho bucal de aranhas, facilitando a fuga de suas teias. Há colêmbolos que produzem substâncias impalatáveis (gosto desagradável) que impedem que sejam engolidas por seus predadores.

Grande parte dos solos contém milhões de pelotas fecais de colêmbolos por m², que são benéficas, liberando nutrientes essenciais às plantas.

Os colêmbolos também são chamados de “**engenheiros do ecossistema**” pela sua capacidade de atuar profundamente a estrutura do solo.

16



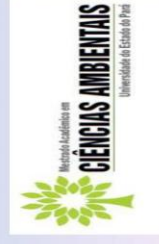
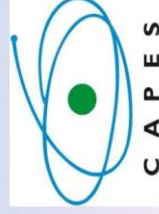
Considerações Finais

Diante dos diversos papéis ecológicos desempenhados pelos colêmbolos, é visível a importância desses pequenos animais para a manutenção e equilíbrio ambiental dos ecossistemas. Por isso, a conservação dos ambientes onde a fauna de Collembola vive é essencial para proteger a diversidade desses invertebrados, e também favorecer a saúde do meio edáfico (solo).

É importante destacar, que os colêmbolos por meio de suas inúmeras funções ecológicas, que desenvolvem, podem beneficiar o meio ambiente, contribuindo para a sobrevivência e existência de outros organismos vivos, inclusive o ser humano.

Agradecimentos:

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal e Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida ao primeiro autor, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Estado do Pará (PPGCA/UEPA).



2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo gerou informações pioneiras sobre a diversidade da fauna de Collembola para as fitofisionomias de mata primária, plantação de dendê e sistema agroflorestal no município de Santa Barbara-PA.

É perceptível uma variabilidade das famílias de Collembola, nas fitofisionomias estudadas com maior abundância da família Paronellidae na floresta primária, enquanto, que a família Isotomidae foi a mais abundante nos ambientes de plantação de dendê e SAF. A composição faunística observada em cada fitofisionomias demonstra fortemente grande mudança quanto a distribuição, abundância e diversidade de famílias de colêmbolos, o que pode ser interpretado como resposta biológica desses organismos edáficos aos ambientes de cada fitofisionomia estudada.

Observou-se também, que entre os ambientes estudados, o ambiente florestado (Floresta Primária), apresentou maior abundância de colêmbolos, durante todo o período de estudo, sendo também o ambiente com maior percentual riqueza a ser descoberto (40%), enquanto que para os demais ambientes já foi encontrado quase 80% da estimativa de riqueza.

Maiores índices de atributos químicos do solo foram também observados na Floresta Primária. Sendo também a fitofisionomia que exerceu maiores influências na densidade das populações das famílias de Collembola, quando em comparação a Plantação de Dendê e o Sistema Agroflorestal (SAF), indicando que a colembofauna é fortemente influenciada pelos atributos químicos do solo e as características das diferentes fitofisionomias.

Entre os atributos do solo analisado, notou-se que a umidade relativa do solo exerce grande influência na química do solo e em seus respectivos processos, os quais são fundamentais para o equilíbrio e conseqüentemente para a qualidade do solo, o que foi evidente pela grande relação existente entre os elementos químicos e a umidade, observados neste estudo e comprovados estatisticamente.

Com a análise de componentes principais (PCA) observou-se que existe uma forte correlação entre a maioria dos elementos químicos estudados, indicando que poucos desses elementos (máxima variância) são suficientes para explicar os processos biológicos existentes nos ambientes estudados. Por outro lado, a análise de correspondência canônica (ACC) comprovou a existência de correlação entre a maioria das famílias de colêmbolos com os atributos do solo na floresta Primária, tanto no período chuvoso quanto no menos chuvoso, indicando que a composição química


do solo se mantém estável nesta fitofisionomia, com poucas alterações, em relação à Plantação de Dendê e SAF que parecem ser mais instáveis.

Pode-se admitir 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, principalmente através da sua relação com umidade relativa, que favorece o desenvolvimento de processos biológicos fundamentais, que atuam diretamente na qualidade ambiental que os colêmbolos necessitam para viver, tais como fatores alimentícios (produção de fungos e bactérias) entre outros.

Anexos

3.1 Comprovante de Submissão do Artigo 1

[bcnaturais] Agradecimento pela submissão

 Fernando da Silva Carvalho Filho <boletim.naturais@museu-goeldi.br>
Qui, 21/02/2019 02:54
Você ✕

Andreza Mesquita Martins,

Agradecemos a submissão do trabalho "Caracterização da fauna de Collembola em diferentes formações vegetais no município de Santa Barbara do Pará" para a revista Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais. Acompanhe o progresso da sua submissão por meio da interface de administração do sistema, disponível em:

URL da submissão: <https://boletimcn.museu-goeldi.br/bcnaturais/authorDashboard/submission/110>
Login: andrezamartins

Em caso de dúvidas, entre em contato via e-mail.

Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de compartilhar seu trabalho.

Fernando da Silva Carvalho Filho
##default:journalSettings.emailSignature##

3.2 Normas de publicação (Artigo 1)

BOLETIM DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI. CIÊNCIAS NATURAIS

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

Objetivos e política editorial

O **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** tem como missão publicar trabalhos originais em biologia (zoologia, botânica, biogeografia, ecologia, taxonomia, anatomia, biodiversidade, vegetação, conservação da natureza) e geologia. A revista aceita colaborações em português, espanhol e inglês (Inglaterra) para as seguintes seções:

Artigos Científicos – textos analíticos originais, resultantes de estudos e pesquisas com contribuição efetiva para o avanço do conhecimento. Até 50 laudas.

Notas de Pesquisa – relato preliminar sobre observações de campo, dificuldades e progressos de pesquisa em andamento, ou em fase inicial, enfatizando hipóteses, comentando fontes, resultados parciais, métodos e técnicas utilizados. Até 15 laudas.

Memória – seção que se destina à divulgação de acervos ou seus componentes que tenham relevância para a pesquisa científica; de documentos transcritos parcial ou integralmente, acompanhados de texto introdutório; e de ensaios biográficos, incluindo obituário ou memórias pessoais. Até 15 laudas.

Resenhas Bibliográficas – texto descritivo e/ou crítico de obras publicadas na forma impressa ou eletrônica. Até cinco laudas. **Teses e Dissertações** – descrição sucinta, sem bibliografia, de dissertações de mestrado, teses de doutorado e livre-docência. Uma lauda.

Apresentação de originais

Os originais devem ser encaminhados ao Editor Científico por meio de mensagem eletrônica (boletim.naturais@museu-goeldi.br), contendo, obrigatoriamente, o título do trabalho, o nome completo, por extenso, do autor principal e dos demais autores, a indicação de autor para correspondência (com endereço

completo, CEP, telefones, fax, e-mail) e uma declaração de que o autor principal se responsabiliza pela inclusão dos coautores.

A revista possui um Conselho Científico. Os trabalhos submetidos são primeiramente avaliados pelo Editor ou por um dos Editores Associados. O Editor reserva-se o direito de sugerir alterações nos trabalhos recebidos ou devolvê-los, caso não estejam de acordo com os critérios exigidos para publicação.

Uma vez aceitos, os artigos seguem para avaliação por pares (peer-review). Os artigos são analisados por dois especialistas, no mínimo, que não integram a Comissão Editorial. Caso haja discordância entre os pareceres, o trabalho é submetido a outro(s) especialista(s). Caso mudanças ou correções sejam recomendadas, o trabalho é devolvido ao(s) autor(es), que terá(ão) um prazo de trinta dias para elaborar nova versão. Os arquivos referentes a artigos não aprovados para publicação são deletados.

A publicação implica cessão integral dos direitos autorais do trabalho à revista. A declaração para a cessão de direitos autorais é enviada juntamente com a notificação de aceite do artigo. Deve ser impressa e devolvida assinada via correios. Todos os autores devem assinar uma declaração.

Aos Editores, ao Conselho Científico e aos consultores científicos *ad hoc* cabe a responsabilidade ética do sigilo e da colaboração voluntária para garantir a qualidade científica das publicações e da revista. Aos autores cabe a responsabilidade da veracidade das informações prestadas, do depósito dos materiais estudados em instituições legais, quando couber, e o cumprimento das leis locais que regem a coleta, o estudo e a publicação dos dados.

Preparação de originais

Os originais devem ser enviados com texto digitado em Word, com fonte Times New Roman, tamanho 12, entrelinha 1,5, em laudas sequencialmente numeradas. Na primeira folha (folha de rosto) devem constar: título (no idioma do texto e em inglês); nome(s) completo(s) do(s) autor(es); filiação institucional (por extenso); endereço(s) completo(s); e-mail de todos os autores. Na página dois, devem constar: título (no idioma do texto e em inglês), resumo, abstract, palavras-chave e keywords. Não incluir o(s) nome(s) do(s) autor(es).

Tabelas devem ser digitadas em Word, sequencialmente numeradas, com claro enunciado. Ilustrações e gráficos devem ser apresentados em páginas separadas e numeradas, com as respectivas legendas, e em arquivos à parte em formato TIFF (preferencialmente) ou JPEG, com resolução mínima de 500 dpi, tamanho mínimo de 3.000 pixels de largura. O texto deve, obrigatoriamente, fazer referência a todas as tabelas, gráficos e ilustrações.

Chaves devem ser apresentadas no seguinte formato:

1. Lagarto com 4 patas minúsculas.....2
Lagarto com 4 patas bem desenvolvidas.....3
2. Dígito geralmente sem unhas, dorsais lisas.....*Bachia flavescens*
Dígito com unhas, dorsais quilhadas.....*Bachia panoplia*
3. Mãos com apenas 4 dedos.....4
Mãos com 5 dedos.....5
4. Escamas dorsais lisas.....*Gymnophthalmus underwoodii*
Escamas dorsais quilhadas.....*Amapasaurus tetradactylus*
5. Cabeça com grandes placas.....6
Cabeça com escamas pequenas.....7
6. Placas posteriores da cabeça formam uma linha redonda.....*Alopoglossus angulatus*
Placas posteriores da cabeça formam uma linha reta.....*Arthrosaura kockii*
7. Etc.

Etc.

Pede-se destacar termos ou expressões por meio de aspas simples. Apenas termos científicos latinizados ou em língua estrangeira devem constar em itálico. Observar cuidadosamente as regras de nomenclatura científica, assim como abreviaturas e convenções adotadas em disciplinas especializadas. Citações e referências a autores no decorrer do texto devem subordinar-se à seguinte forma: sobrenome do autor (apenas com inicial maiúscula) e ano (exemplo: Weaver, 1989). Em trabalhos com dois autores, os nomes devem ser separados por “&”. No caso de mais de dois autores, menciona-se somente o nome do primeiro autor seguido por “*et al.*”. Todas as obras citadas ao longo do texto devem estar corretamente referenciadas ao final do artigo.

Estrutura básica dos trabalhos

Título – No idioma do texto e em inglês (quando este não for o idioma do texto). Deve ser escrito em caixa baixa, em negrito, centralizado na página.

Resumo e Abstract – Texto em um único parágrafo, ressaltando os objetivos, métodos e conclusões do trabalho, com, no máximo, duzentas palavras, no idioma do texto (Resumo) e em inglês (Abstract). A versão para o inglês é de responsabilidade do(s) autor(es).

Palavras-chave e Keywords – Três a seis palavras que identifiquem os temas do trabalho, para fins de indexação em bases de dados. **Introdução** – Deve conter uma visão clara e concisa de conhecimentos atualizados sobre o tema do artigo, oferecendo citações pertinentes e declarando o objetivo do estudo.

Material e métodos – Exposição clara dos métodos e procedimentos de pesquisa e de análise de dados. Técnicas já publicadas devem ser apenas citadas e não descritas. Termos científicos, incluindo espécies animais e vegetais, devem ser indicados de maneira correta e completa (nome, autor e ano de descrição).

Resultados e discussão – Podem ser comparativos ou analíticos, ou enfatizar novos e importantes aspectos do estudo. Podem ser apresentados em um mesmo item ou em separado, em sequência lógica no texto, usando tabelas, gráficos e figuras, dependendo da estrutura do trabalho.

Conclusão – Deve ser clara, concisa e responder aos objetivos do estudo.

Agradecimentos – Devem ser sucintos: créditos de financiamento; vinculação do artigo a programas de pós-graduação e/ou projetos de pesquisa; agradecimentos pessoais e institucionais. Nomes de instituições devem ser por extenso, de pessoas pelas iniciais e sobrenome, explicando o motivo do agradecimento.

Referências – Devem ser listadas ao final do trabalho, em ordem alfabética, de acordo com o sobrenome do primeiro autor. No caso de mais de uma referência de um mesmo autor, usar ordem cronológica, do trabalho mais antigo ao mais recente. No caso de mais de uma publicação do mesmo autor com o mesmo ano, utilizar letras após o ano para diferenciá-las. Nomes de periódicos devem ser por extenso. Teses e dissertações acadêmicas devem preferencialmente estar publicadas. Estruturar as referências segundo os modelos a seguir:

Livro: WEAVER, C. E., 1989. **Clays, muds and shales:** 1-819. Elsevier, Amsterdam.

Capítulo de livro: ARANHA, L. G., H. P. LIMA, R. K. MAKINO & J. M. SOUZA, 1990. Origem e evolução das bacias de Bragança

– Viseu, S. Luís e Ilha Nova. In: E. J. MILANI & G. P. RAJA-GABAGLIA (Eds.): **Origem e evolução das bacias sedimentares:** 221-

234. PETROBRÁS, Rio de Janeiro.

Artigo de periódico: GANS, C., 1974. New records of small amphisbaenians from northern South America. **Journal of Herpetology**

8(3): 273-276.

Série/Coleção: CAMARGO, C. E. D., 1987. **Mandioca, o “pão caboclo”:** de alimento a combustível: 1-66. Icone (Coleção Brasil Agrícola), São Paulo.

Documento eletrônico: IBGE, 2004. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge>.

gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>. Acesso em: 23 janeiro 2004.

Provas

Os trabalhos, depois de formatados, são encaminhados em PDF para a revisão final dos autores, que devem devolvê-los com a maior brevidade possível. Os pedidos de alterações ou ajustes no texto devem ser feitos por escrito. Nessa etapa, não serão aceitas modificações no conteúdo do trabalho ou que impliquem alteração na paginação. Caso o autor não responda ao prazo, a versão formatada será considerada aprovada. Cada autor receberá, via Correios, dois exemplares do Boletim. Os artigos são divulgados integralmente no formato PDF no sítio da revista e no DOAJ, com acesso aberto.

Endereço para correspondência

Museu Paraense Emílio Goeldi
Editor do Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi.
Ciências Naturais Av. Perimetral, 1901 - Terra Firme
CEP 66077-530
Belém - PA - Brasil
Telefone: 55-91-3075-6186
E-mail: boletim.naturais@museu-goeldi.br

Lembre-se:

- 1- Antes de enviar seu trabalho, verifique se foram cumpridas as normas acima. Disso depende o início do processo editorial.
- 2- Após a aprovação, os trabalhos são publicados por ordem de chegada. O Editor Científico também pode determinar o momento mais oportuno.
- 3- É de responsabilidade do(s) autor(es) o conteúdo científico do artigo, o cuidado com o idioma em que ele foi concebido, bem como a coerência da versão para o inglês do título, do resumo (abstract) e das palavras-chave (keywords). Quando o idioma não estiver corretamente utilizado, o trabalho pode ser recusado.

3.3 Normas de publicação Revista CERNE (Artigo 2)

Escopo e política

CERNE é uma revista da Universidade Federal de Lavras que tem como missão publicar artigos originais que representem uma contribuição importante para o conhecimento da Ciência Florestal (Ecologia Florestal, Manejo Florestal, Silvicultura e Tecnologia de Produtos Florestais).

Os manuscritos submetidos devem ser redigidos em inglês, devem ser originais, estar de acordo com as normas de publicação da revista e ainda não relatados ou submetidos para publicação em outro periódico ou veículo de divulgação. Seu conteúdo (dados, ideias, opiniões e conceitos emitidos) é de responsabilidade única e exclusiva do(s) respectivo(s) autor(es). Quando necessário, deverá ser atestado que a pesquisa em questão foi aprovada pelo Comitê de Ética e Biossegurança da instituição a que o autor responsável pela submissão do manuscrito é vinculado.

Ao submeter o artigo, os autores concordam que os direitos autorais do mesmo são automaticamente transferidos para o periódico Cerne. Os autores podem usar o artigo após a publicação, sem a autorização prévia da Cerne, desde que os créditos sejam dados à Revista.

No processo de publicação, o manuscrito submetido é avaliado, preliminarmente, pelo editor executivo que verifica se o mesmo se enquadra no escopo da revista e segue as diretrizes do periódico. Nessa pré-análise, o manuscrito pode não ser aceito para publicação ou ser preliminarmente aceito e encaminhado para a análise do editor de científico. O editor científico analisa o mérito do trabalho e, se considerar que o mesmo tem potencial para ser publicado, o envia para a avaliação de pelo menos dois revisores (referees). Com base nos pareceres dos revisores o editor científico recomenda ou não sua aceitação à comissão editorial. Essa, por sua vez, decide, em última instância, se o artigo deve ou não ser publicado.

Forma e preparação de manuscritos

São publicados dois tipos de trabalhos: Artigos de Pesquisa e Artigos de Revisão. Apenas trabalhos originais devem ser submetidos para a Cerne.

O manuscrito submetido para publicação deverá ser digitado no processador de texto Microsoft Word for Windows, obedecendo as especificações a seguir:

Espaçamento do texto: duplo

Margens: laterais, inferiores e superiores de três centímetros.

Recuo da primeira linha: 12,5 mm

Papel: formato A4

Fonte: Arial, tamanho 11.

Número de páginas: até 25 para Artigos de Pesquisa e até 30 para Artigos de Revisão, incluindo figuras e tabelas. As páginas, linhas, tabelas e figuras devem ser numeradas consecutivamente.

Tabelas: devem fazer parte do corpo do artigo e ser apresentadas no módulo tabela do Word ou Excel. O título deve ficar acima da tabela. Linhas verticais separando colunas não devem existir.

Gráficos/Figuras/Fotografias: devem ser apresentados em preto e branco (em cores apenas se extremamente necessário), inseridos no texto após a citação dos mesmos e também em um arquivo à parte, salvos em extensão “tif” ou “jpg”, com resolução de 300 dpi. Os gráficos devem vir também em Excel, em arquivo à parte. O título deve aparecer embaixo da figura. O texto da figura deve ser nítido e com contraste.

Símbolos, equações matemáticas, abreviações e fórmulas químicas: deverão ser feitos em processador que possibilite a formatação, e não inserido como figura. Sempre que possível, devem seguir as normas apresentadas em:

International Union of Forestry Research Organizations. **The standardization of symbols in forest mensuration.** Maine Agricultural Experiment Station Technical Bulletin 15. 1965.

Estrutura e organização

O artigo deve ser apresentado na seguinte sequência:

Título: Contendo no máximo 15 palavras em letras maiúsculas e em negrito.

Resumo: deve condensar, em um único parágrafo, o conteúdo, expondo objetivos, materiais e métodos, os principais resultados e conclusões em não mais do que 250 palavras. O resumo não deve conter citações.

Palavras-chave: no mínimo de três e máximo de cinco. Não devem repetir os termos que se acham no título, podem ser constituídas de expressões curtas e não só de palavras e devem ser separadas por vírgula.

Introdução: Deve apresentar uma visão concisa do estado atual do conhecimento sobre o assunto, que o manuscrito aborda e enfatizar a relevância do estudo, sem constituir-se em extensa revisão e, na parte final, os objetivos da pesquisa. Esta seção não pode ser dividida em subtítulos.

Material e Métodos: Esta seção pode ser dividida em subtítulos, indicados em negrito.

Resultados e Discussão: Podem ser divididas em subseções, com subtítulos concisos e descritivos indicados em negrito. Resultados e discussão podem ser apresentados como duas seções distintas.

Conclusões

Referências: Devem seguir as normas para citação abaixo.

CITAÇÕES NO TEXTO

As citações de autores no texto são conforme os seguintes exemplos:

- a) Pereira (1995) ou (PEREIRA, 1995)
- b) Oliveira e Souza (2003) ou (OLIVEIRA; SOUZA, 2003)
- c) Havendo mais de dois autores, é citado apenas o sobrenome do primeiro, seguido de et al. (não itálico): Rezende et al. (2002) ou (REZENDE et al., 2002)

REFERÊNCIAS

Devem ser atuais e principalmente de periódicos: ao menos 70% das citações devem ser de 10 anos atrás ou mais atuais e ao menos 70% das citações devem ser de periódicos. Devem ser apresentadas da seguinte maneira:

a) Artigo de periódico

OLIVEIRA, G. M. V.; MELLO, J. M.; LIMA, R. L.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D. Tamanho e forma de parcelas experimentais para *Eremannthus erythropappus*. **Cerne**, v. 17, n. 3, p. 327-338, 2011.

APGAUA, D. M. G.; COELHO, P. A.; SANTOS, R. M.; SANTOS, P. F.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Tree community structure in a seasonally dry tropical forest remnant, Brazil. **Cerne**, v. 20, n. 2, p. 173-182, 2014.

b) Livro

BURKHART, H. E.; TOMÉ, M. **Modeling Forest Trees and Stands**. Springer, 2012. 457p.

c) Capítulo de livro

FLEURY, J. A. Análise ao nível de empresa dos impactos da automação sobre a organização da produção de trabalho. In: SOARES, R. M. S. M. **Gestão da empresa**. IPEA/IPLAN, 1980. p. 149-159.

d) Dissertação e Tese

MAESTRI, R. **Modelo de crescimento e produção para povoamentos clonais de *Eucalyptus grandis* considerando variáveis ambientais**. 2003. 143 p. PhD thesis. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

e) Trabalhos de congressos, conferências e similares

Não aceitos.

f) Documentos eletrônicos (apenas de instituições e organizações renomadas) PLANT RESOURCES OF TROPICAL AFRICA. *Khaya ivorensis* A.Chev. Available at: <http://www.prota4u.info/downloads/Khaya+ivorensis/Khaya+ivorensis.pdf>. Accessed in: 10 abril 2015.

Envio de manuscritos

Os manuscritos devem ser submetidos através do Sistema on-line de submissão:

<http://cerne.ufla.br/ojs/>

Os itens Abstract e Key-words deverão estar localizados no início da margem esquerda do texto e os demais itens centralizados. Os subitens deverão ser iniciados por letras maiúsculas e posicionados na margem esquerda do texto.

Artigos de Revisão podem ter estrutura mais flexível, sendo que as seções material e métodos, resultados e discussão e conclusões não são mandatórias. Artigos de Revisão devem possuir suas seções numeradas.

Para garantir uma revisão às cegas para os artigos, não insira nomes de autores ou agradecimentos no arquivo do manuscrito. Favor remover qualquer identificação de autoria do arquivo Word antes da submissão.

Apenas aceitamos artigos em inglês.



Universidade do Estado do Pará
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Mestrado
Tv. Enéas Pinheiro, 2626, Marco, Belém-PA, CEP: 66095-100
www.uepa.br/paginas/pcambientais

