

MARIA GEOVANA DE MESQUITA LIMA

**DIVERSIDADE DE ENTOMOBRYOIDEA (HEXAPODA: COLLEMBOLA) EM UMA  
ÁREA DE CERRADO *STRICTO SENSU* DO PARQUE NACIONAL DE SETE  
CIDADES, ESTADO DO PIAUÍ, BRASIL**

MARIA GEOVANA DE MESQUITA LIMA

DIVERSIDADE DE ENTOMOBRYOIDEA (HEXAPODA: COLLEMBOLA)  
EPIEDÁFICOS EM UMA ÁREA DE CERRADO *STRICTO SENSU* DO PARQUE  
NACIONAL DE SETE CIDADES, ESTADO DO PIAUÍ, BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)  
apresentado como exigência parcial para obtenção do  
diploma do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas  
do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do  
Piauí - IFPI *Campus* Pedro II.

Orientador: Prof. Dr. Rudy Camilo Nunes

---

Lima, Maria Geovana de Mesquita

L732d      Diversidade de entomobryoidea (Hexapoda: Collembola) em uma área de cerrado stricto sensu do Parque Nacional de Sete Cidades, estado do Piauí, Brasil / Maria Geovana De Mesquita Lima. - 2022.  
53 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Instituto Federal do Piauí, Campus Pedro II, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Rudy Camilo Nunes.

1. Collembola. 2. Entomobryoidea. 3. Fauna do solo. 4. Parque Nacional de Sete Cidades (PI). I. Título.

CDD - 570

---

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Wirllanna Naira da Silva Torres CRB 3/1088

MARIA GEOVANA DE MESQUITA LIMA

DIVERSIDADE DE ENTOMOBRYOIDEA (HEXAPODA: COLLEMBOLA)  
EPIEDÁFICOS DE UMA ÁREA EM CERRADO *STRICTO SENSU* DO PARQUE  
NACIONAL DE SETE CIDADES, ESTADO DO PIAUÍ, BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)  
apresentado como exigência parcial para obtenção do  
diploma do Curso de Licenciatura em Ciências  
Biológicas do Instituto Federal de Educação, Ciência  
e Tecnologia do Piauí – IFPI *Campus* Pedro II.

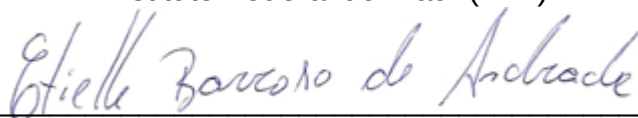
Aprovada em: 21/03/2022

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dr. Rudy Camilo Nunes (Orientador)  
Instituto Federal do Piauí (IFPI)



---

Prof. Dr. Etielle Barroso de Andrade  
Instituto Federal do Piauí (IFPI)



---

Me. Gleyce Medeiros da Silva  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Dedico este trabalho a minha avó, Raimunda, (*in memoriam*), que infelizmente não pode estar presente nesta etapa da minha vida, mas seus ensinamentos foram essenciais para a minha formação pessoal.

## **AGRADECIMENTOS**

Muitas pessoas contribuíram direta e indiretamente durante o meu caminho nesta graduação, alguns tiveram uma maior convivência comigo, outros menor, mas todos foram especiais e contribuíram nesta jornada. Por isso, gostaria de agradecer:

À toda a minha família, por serem a minha base e por todo o apoio durante todas as etapas da minha vida.

Ao meu namorado, Frislan Costa, por toda a compreensão e apoio durante estes quatro anos de graduação.

Aos amigos que a biologia me deu e que fizeram com que meus momentos durante esses anos fossem os melhores, gratidão aos amigos: João Lucas, Brendo, Robson, e em especial às melhores amigas que eu poderia ter encontrado Jully e Tays.

Ao meu melhor amigo, Denilson, que ao longo de muitos anos foi meu principal apoio, estando comigo desde o ensino fundamental. Foi muito bom compartilhar minha jornada estudantil ao seu lado, obrigada por tudo. Chegou o momento de seguirmos caminhos diferentes, mas a amizade sempre permanecerá.

Aos amigos do grupo de pesquisa de Collembola, por todo o suporte. E em especial a minha parceira de trabalho, Bruna Maria, por todos os conselhos e ajuda durante a construção desse trabalho.

Ao professor Dr. Etielle Barroso de Andrade, na qual tenho grande admiração, por toda a ajuda para sanar minhas dúvidas durante todos esses anos.

E por fim, ao professor orientador Dr. Rudy Camilo Nunes, por exercer verdadeiramente as atribuições de um professor. Obrigada pela orientação, dedicação, confiança e paciência comigo. Seus ensinamentos foram fundamentais para a minha formação acadêmica e pessoal.

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo estimar a diversidade de Entomobryoidea epiedáficos em ambiente de cerrado *stricto sensu* do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, na estação chuvosa, avaliando quais parâmetros ambientais influenciaram a diversidade de espécies na área amostral. Para a captura dos espécimes foram utilizadas armadilhas de queda (*pitfalls*) distribuídas em um transecto de 100 metros contendo 11 pontos amostrais. Posteriormente, os espécimes foram montados em lâminas de microscopia e a identificação taxonômica dos espécimes foi realizada com o auxílio de chaves de identificação. Foram coletados também os parâmetros ambientais do local, tais como umidade do solo, temperatura do solo, percentual de cobertura vegetal e altura do folhíço, no qual tiveram suas influências testadas sobre a composição da fauna de Entomobryoidea através da Análise de Componentes Principais (PCA) e da Análise de Correspondência Canônica (CCA). A diversidade de espécies foi mensurada utilizando o índice de Shannon-Wiener e a equitabilidade através do índice de Pielou. Foram coletados um total de 221 indivíduos, distribuídos em 12 espécies, seis gêneros e duas famílias. O levantamento proveu um registro de seis novas espécies para a ciência. A família Entomobryidae apresentou uma maior riqueza de espécies, com oito espécies, e o gênero *Seira* foi o mais rico. No entanto, a maior abundância foi do gênero *Pseudosinella*, com 83 indivíduos coletados. Os gêneros *Salina*, *Seira* e *Lepidocyrtinus*, constituem novos registros para a região. A diversidade mensurada para a área foi de 1,86, o que se aproximou da diversidade máxima esperada ( $H_{max}$ ), que foi de 2,48. No entanto, o índice de Pielou indicou uma baixa equitabilidade na comunidade amostrada. As variáveis ambientais que melhor explicaram a variação dos padrões ecológicos observados foram a umidade do solo e a cobertura vegetal, sendo que a maior parte das espécies foi influenciada negativamente por esses fatores.

**Palavras-Chaves:** Fauna edáfica. Ecologia. Variáveis ambientais. Abundância.

## ABSTRACT

This study aimed to estimate the diversity of epiedaphic Entomobryoidea in a Cerrado stricto sensu area of the Sete Cidades National Park, State of Piauí, in the rainy season. Evaluating which environmental parameters influence the species diversity in the sample area. The specimens were collected using pitfalls traps, which were spread along of a 100 meter transect with 11 sampling points. Posteriorly, the specimens were mounted on glass slides, and the taxonomic identification was made with specialized identification keys. The environmental parameters were also collected, such as soil humidity, soil temperature, percentage of vegetation cover and leaf litter height, which had their influences tested on the composition of the Entomobryoidea fauna through Principal Component Analysis (PCA) and Canonical Correspondence Analysis (CCA). Species diversity was measured using the Shannon-Wiener index and equitability was measured using Pielou's index. A total of 221 individuals were collected, distributed in 12 species, six genera and two families. Six of the recorded species are new to the science. Entomobryidae was the richest family with eight species, and *Seira* was the richest genus. However, the most abundant genus was *Pseudosinella*, with 83 individuals collected. The genera *Salina*, *Seira* and *Lepidocyrtinus* constitute new records for the region. The diversity measured for the area was 1.86, which was close to the maximum expected diversity ( $H_{\max}$ ) which was 2.48. However, the Pielou index indicated a low equitability in the sampled community. The environmental variables that best explained the variation in the observed ecological patterns were soil humidity and vegetation cover, with most species being negatively influenced by these factors.

**Keywords:** Edaphic fauna. Ecology. Environmental variables. Abundance.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Estrutura corporal de um colêmbolo. A - colóforo, b - retináculo, c - fúrcula.<br><b>Fonte:</b> Modificado de Bellinger, Christiansen e Janssens (1996–2022) .....                                                                                                                                                    | 13 |
| <b>Figura 2.</b> Um exemplar de um Entomobryoidea: <i>Lepidocyrtinus botswanensis</i> .<br>Disponível em: <a href="http://www.collembola.org">www.collembola.org</a> .....                                                                                                                                                             | 14 |
| <b>Figura 3.</b> <i>Rhyniella praecursor</i> , o fóssil mais antigo de um colêmbolo, preservado em<br>âmbar do báltico, de 400 milhões de anos (Fotografia de Steve Hopkin, Museu de<br>História Natural de Londres) Fonte: Hopkin, 2002 .....                                                                                         | 17 |
| <b>Figura 4.</b> Representantes das quatro ordens de Collembola. A - <i>Podura aquatica</i><br>(Poduromorpha). B - <i>Seira tinguira</i> (Entomobryomorpha). C - <i>Arrothalites</i> sp.<br>(Symphypleona). D - <i>Neelus murinus</i> (Neelipleona). Modificado de<br><a href="http://www.collembola.org">www.collembola.org</a> ..... | 18 |
| <b>Figura 5.</b> Fúrcula de um colêmbolo da ordem Entomobryomorpha. (Modificado de<br>Marie – Flickr. Disponível em: <a href="https://bitly.com/QFYTM">https://bitly.com/QFYTM</a> ) .....                                                                                                                                             | 20 |
| <b>Figura 6.</b> Localização geográfica da área de coleta. Fonte: Google Earth Pro .....                                                                                                                                                                                                                                               | 21 |
| <b>Figura 7.</b> Área de vegetação de cerrado <i>stricto sensu</i> do Parque Nacional de Sete<br>Cidades. Fonte: Arquivo Pessoal .....                                                                                                                                                                                                 | 21 |
| <b>Figura 8.</b> Distribuição dos 11 pontos amostrais ao longo do transecto traçado na área<br>amostral. Fonte: Google Earth Pro .....                                                                                                                                                                                                 | 22 |
| <b>Figura 9.</b> Representação esquemática do desenho amostral utilizado para a coleta<br>dos espécimes .....                                                                                                                                                                                                                          | 23 |
| <b>Figura 10.</b> Armadilhas de queda ( <i>pitfalls traps</i> ) .....                                                                                                                                                                                                                                                                  | 23 |
| <b>Figura 11.</b> Coleta dos parâmetros ambientais. A - Medição da temperatura do solo. B<br>e C - Coleta e pesagem das amostras de solo para determinar a umidade do solo .....                                                                                                                                                       | 24 |
| <b>Figure 12.</b> A e B - Medição da cobertura do dossel .....                                                                                                                                                                                                                                                                         | 24 |
| <b>Figure 13.</b> A - armazenamento do material coletado em etanol 70%. B - Triagem do<br>material. C - Montagem das lâminas para a microscopia com líquido de Hoyer. D -<br>Secagem das lâminas na estufa .....                                                                                                                       | 25 |
| <b>Figura 14.</b> Estruturas morfológicas analisadas durante o estudo da morfologia e<br>quetotaxia. A - Mancha ocular de <i>Pseudosinella triocellata</i> . B - Mucro de <i>Trogolaphysa</i><br>sp.1. C - Mucro de <i>Cyphoderus equisenticulati</i> .....                                                                            | 27 |

|                                                                                                                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 15.</b> Curva de acumulação de espécies, e a estimativa obtida pelo estimador Jackknife 1 para a área amostrada .....                                                                                  | 28 |
| <b>Figura 16:</b> Curva de acumulação de espécies, e a estimativa obtida pelo estimador Jackknife 2 para a área amostrada .....                                                                                  | 28 |
| <b>Figure 17:</b> Curva de acumulação de espécies, e a estimativa obtida pelo estimador Chao 1 para a área amostrada .....                                                                                       | 28 |
| <b>Figure 18:</b> Curva de acumulação de espécies, e a estimativa obtida pelo estimador Chao 2 para a área amostrada .....                                                                                       | 28 |
| <b>Figure 19:</b> Curva de acumulação de espécies, e a estimativa obtida pelo estimador Bootstrap para a área amostrada .....                                                                                    | 28 |
| <b>Figura 20.</b> Representação em gráfico <i>biplot</i> da distribuição dos pontos amostrais em função das variáveis ambientais através da Análise de Componentes Principais (PCA) .....                        | 33 |
| <b>Figura 21.</b> Representação em gráfico <i>tripplot</i> da correlação entre as variáveis ambientais e a distribuição das espécies na área amostrada, expressos pela Análise de Correspondência Canônica ..... | 34 |

## LISTA DE TABELAS

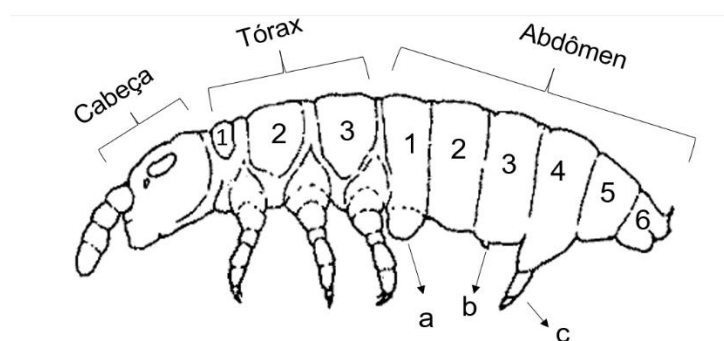
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1:</b> Espécies e famílias de Entomobryoidea coletados por pontos amostrais. A abundância é representada pelo número total de indivíduos das espécies, e a abundância relativa pela proporção de indivíduos de cada espécie em relação a abundância total .....                                                 | 29 |
| <b>Tabela 1:</b> Valores de suficiência amostral obtidas a partir dos estimadores não-paramétricos Chao 1 e 2, Jackknife 1 e 2, e Bootstrap nos pontos amostrais. A suficiência amostral (%) foi calculada pela razão entre a riqueza observada [S(obs)] e o valor médio obtido através de cada estimador .....           | 31 |
| <b>Tabela 3:</b> Cálculos de diversidade para a área amostrada. A diversidade de Shannon-Wiener foi calculada utilizando o somatório da abundância relativa vezes o logaritmo da abundância relativa das espécies. Enquanto o índice de Shannon máximo foi calculado utilizando o logaritmo da riqueza total (Ln S) ..... | 32 |
| <b>Tabela 4:</b> Componentes principais da PCA e a contribuição de cada eixo para explicar a variação dos padrões observados. E o percentual de influência dos parâmetros ambientais (umidade do solo, cobertura vegetal, temperatura do solo e altura do folheto) sobre os dois componentes principais (PC1 e PC2) ..... | 34 |
| <b>Tabela 5:</b> Componentes principais da Análise de Correspondência Canônica, contribuição de cada eixo para explicar a variação dos padrões observados, e percentual de influência dos parâmetros ambientais (umidade do solo, cobertura vegetal e temperatura do solo) sobre os dois eixos principais .....           | 36 |
| <b>Tabela 6:</b> Dados ambientais coletados em cada um dos pontos amostrais. Os dados expressos corroboram a relação entre as variáveis ambientais e a diversidade de espécies evidenciada pela análise de correspondência canônica .....                                                                                 | 36 |

## SUMÁRIO

|                                                                                                         |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                                                              | <b>13</b> |
| <b>2. OBJETIVOS .....</b>                                                                               | <b>16</b> |
| 2.1 OBJETIVO GERAL .....                                                                                | 16        |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                                                                         | 16        |
| <b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>                                                                   | <b>17</b> |
| 3.1 O BIOMA CERRADO .....                                                                               | 17        |
| 3.2 HISTÓRIA E CARCTERIZAÇÃO DE COLLEMBOLA .....                                                        | 18        |
| <b>4. METODOLOGIA .....</b>                                                                             | <b>21</b> |
| 4.1 ÁREA DE ESTUDO .....                                                                                | 21        |
| 4.2 MÉTODOS DE COLETA, MICROSCOPIA E IDENTIFICAÇÃO TAXONÔMICA .....                                     | 23        |
| 4.3 ANÁLISES DE DADOS .....                                                                             | 27        |
| <b>5. RESULTADOS .....</b>                                                                              | <b>28</b> |
| 5.1 ABUNDÂNCIA E RIQUEZA DE ESPÉCIES .....                                                              | 28        |
| 5.2 ESFORÇO AMOSTRAL E RIQUEZA DE ESPÉCIES .....                                                        | 29        |
| 5.3 NOVOS REGISTROS DE ENTOMOBRYOIDEA .....                                                             | 30        |
| 5.4 DIVERSIDADE DE ESPÉCIES .....                                                                       | 31        |
| 5.5 INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS AMBIENTAIS SOBRE OS PADRÕES DE<br>RIQUEZA E ABUNDÂNCIA DE ESPÉCIES.....   | 32        |
| 5.5.1 Análise de Componentes Principais (PCA) .....                                                     | 32        |
| 5.5.2 Análise de Correspondência Canônica .....                                                         | 33        |
| <b>6. DISCUSSÃO .....</b>                                                                               | <b>36</b> |
| 6.1 ABUNDÂNCIA E RIQUEZA DE ENTOMOBRYOIDEA EM UMA ÁREA DE<br>CERRADO <i>STRICTO SENSU</i> DO PNSC ..... | 36        |
| 6.2 NOVOS REGISTROS DE OCORRENCIA .....                                                                 | 38        |
| 6.3 DIVERSIDADE DE ENTOMOBRYOIDEA .....                                                                 | 39        |
| 6. 4 INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS AMBIENTAIS SOBRE OS PADRÕES DE<br>RIQUEZA E ABUNDÂNCIA DE ESPÉCIES.....  | 41        |
| <b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                                                                    | <b>43</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                                                 | <b>44</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre os principais constituintes da mesofauna do solo estão os colêmbolos, pequenos artrópodes com padrão de tagmose corporal similar a dos insetos, com subdivisão em cabeça, tórax e abdômen (Figura 1) (ZEPPELINI; BELLINI, 2004). Estes microartrópodes terrestres possuem tamanho corporal que pode variar de 0,12 a 17 mm e são extremamente difundidos, sendo encontrados desde florestas tropicais a desertos polares (BELLINGER; CHRISTIANSEN; JANSSENS, 1996–2022; POTAPOV *et al.*, 2020).



**Figura 1.** Estrutura corporal de um colêmbolo. a – colóforo, b – retináculo, c – fúrcula. **Fonte:** Modificado de Bellinger, Christiansen e Janssens (1996–2022).

Do ponto de vista ecológico, são importantes para a ciclagem de nutrientes, fertilidade e controle da biomassa de fungos do solo, decomposição da matéria orgânica, entre outras (HOFFMANN *et al.*, 2009; MELO *et al.*, 2009; BERUDE *et al.*, 2015). O seu ciclo reprodutivo e de crescimento são rápidos, o que permite que estes organismos sejam abundantes no solo e, devido seu tamanho diminuto, se tornem presas fáceis para diferentes tipos de artrópodes (ANTONIOLLI *et al.*, 2013). Portanto, são importantes para o equilíbrio ecológico do ambiente terrestre, integrando a base da cadeia alimentar nos ambientes edáficos (BELLINI; ZEPPELINI, 2009).

No Brasil, o conhecimento acerca da fauna de Collembola é escasso, onde a maioria dos seus biomas são pobremente amostrados. O país conta com um total de 457 espécies válidas de colêmbolos, mas que, no entanto, não são representativos do real *status* da biodiversidade do grupo, pois países menos significativos em termos de diversidade biológica possuem um número bem mais expressivo de registro de espécies (SANTOS-ROCHA; ANDREAZZE; BELLINI, 2011; NUNES, 2019; ZEPPELINI; QUEIROZ; BELLINI, 2022). Os representantes da superfamília Entomobryoidea e da família Entomobryidae se destacam nos registros de espécie do

país, sendo Entomobryidae a segunda família mais diversa no país, perdendo apenas para Isotomidae (HOPKIN, 1997; SOTO-ADAMES, 2008; GODEIRO, 2013; ZEPPELINI; BELLINI, 2017). Devido aos seus hábitos majoritariamente epiedáficos, possuem características morfológicas que facilitam seu reconhecimento, como longos apêndices e o corpo coberto por escamas (Figura 2) (GODEIRO, 2013; SIQUEIRA, 2019).



**Figura 2.** Um exemplar de um Entomobryodea: *Lepidocyrtinus botswanensis*. **Fonte:** Cipolla; Morais e Bellini, 2020. [www.collembola.org](http://www.collembola.org)

No estado do Piauí, o primeiro estudo abrangente sobre a fauna de Collembola foi realizado por Nunes (2019), que proveu um inventário taxonômico das espécies que ocorrem em parte das áreas prioritárias para conservação do estado, incluindo o Parque Nacional de Sete Cidades (PNSC). Neste estudo, os membros da família Entomobryidae constituíram a maioria das espécies coletadas no PNSC. O estudo de Nunes (2019) detém o potencial de servir como guia para o desenvolvimento de novas pesquisas sobre a ecologia, diversidade e distribuição do grupo nestas áreas. No entanto, por ter sido um estudo de cunho taxonômico, não forneceu um panorama detalhado da diversidade do grupo, da abundância relativa das espécies, de como suas populações flutuam ao longo dos períodos seco e chuvoso e como são afetadas por fatores ambientais nas áreas estudadas.

Desta maneira, este trabalho traz dados iniciais sobre a ecologia do grupo e seus padrões de diversidade na área de Cerrado *stricto sensu* presente dentro do PNSC. Este tipo de fisionomia é uma das principais do bioma Cerrado, é popularmente chamada de savana arborizada típica, com trechos que variam do ralo ao denso, de acordo com as características do solo (RIBEIRO; WALTER, 1998; SAMPAIO *et al.*,

2018). A vegetação do cerrado *stricto sensu* do PNSC apresenta fisionomia mais aberta, com altura média de 5 m, onde poucas chegam a 10 m, e estão sobre solos arenosos, com manchas que correspondem a aproximadamente 37,6% da sua área, se conectando com outros tipos de vegetação e formando assim um mosaico vegetacional (OLIVEIRA *et al.*, 2007; LINDOSO, 2008). Esta proximidade de biomas contrastantes possivelmente possibilitam a coexistência de uma ampla diversidade faunística e florística na região (ARAÚJO *et al.*, 2020).

Portanto, este estudo é relevante por proporcionar subsídios científicos para o avanço do conhecimento sobre a ecologia e diversidade das populações de colêmbolos na área estudada, o que auxiliará na criação de estratégias de conservação das espécies e na escolha de áreas para ampliação do parque e demarcação de novas áreas de preservação ambiental futuras, pois para o desenvolvimento de ações conservacionistas é necessário compreender a estrutura dos ecossistemas em todos os níveis organizacionais. Os dados coletados poderão também fornecer meios para avaliar a saúde das populações de colêmbolos existentes na região e nortear estudos futuros. Além disso, o trabalho também possui o potencial de ampliar o conhecimento da diversidade de artrópodes terrestres como um todo na região ecotonal Cerrado/Caatinga.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Estimar a diversidade de Entomobryoidea epiedáficos em ambiente de cerrado *stricto sensu* do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, na estação chuvosa.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICO

- Estimar a diversidade e a equitabilidade das espécies encontradas na área amostrada.
- Identificar as principais variáveis ambientais que influenciam os padrões de diversidade observados.
- Ampliar os registros de ocorrência de espécies no Parque Nacional de Sete Cidades.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

#### 3.1 O BIOMA CERRADO

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, representando cerca de 24% do território nacional, com uma área de aproximadamente 207 milhões de hectares (SILVA, 2006). Em relação a região Nordeste, o Piauí é o estado com maior representatividade do Cerrado, com 33% de seu território ocupado por esta vegetação, o que o torna o quarto mais representativo do Brasil (CASTRO, 2000; MESQUITA, 2003).

O Cerrado é caracterizado por diversas paisagens, dentre as fisionomias presentes neste bioma, o cerrado *stricto sensu* é o mais representativo. A vegetação é caracterizada por dois estratos definidos, um herbáceo-graminoso e contínuo, outro arbustivo-arbóreo e esparsos, tradicionalmente conhecida como savana. As espécies lenhosas apresentam inclinações, ramificações e são tortuosas, sendo adaptadas ao fogo, com cortiça grossa e folhas coriáceas (ANDRADE, 2014).

Este tipo de formação do Cerrado é predominante no PNSC, a área de estudo deste trabalho. No entanto, a variedade fisionômica e florística do parque é diversificada, além de áreas de cerrado *stricto sensu*, apresenta regiões de cerradão, campo cerrado e campo limpo (MESQUITA, 2003), apresentando também vegetações predominantes do bioma Caatinga, o que o caracteriza como uma área de transição Cerrado-Caatinga. Desta maneira o Cerrado é considerado um bioma de contato, por ocupar uma posição central no território brasileiro, formando áreas de transição com outros biomas brasileiros, como Floresta Amazônica, a Floresta Atlântica, a Caatinga e o Pantanal (SILVA, 2009).

Por possuir ambientes altamente heterogêneos é esperado que essas regiões possuam altos índices de diversidade, mas, no entanto, as informações sobre a composição faunística da região são limitadas, principalmente para a região Cerrado-Caatinga. O conhecimento acerca da fauna de invertebrados destas regiões pode ser de grande valia para estabelecer estratégias de conservação. Pois atualmente, o Cerrado está na lista dos 25 biomas de alta biodiversidade mais ameaçados do mundo (SILVA, 2006). Alguns grupos de Collembola são bastantes diversificados e são comuns o ano inteiro, o que facilita a amostragem e identificação dos espécimes, e por possuírem uma resposta rápida acerca das alterações ambientais, algumas espécies podem ser consideradas bioindicadoras, e fornecem informações essenciais

para a definição de áreas pequenas e habitats fragmentados, ou afetados pela ação antrópica ao longo da história (CULLEN JUNIOR; RUDRAN; VALADARES-PADUA, 2003).

### 3.2 HISTÓRIA E CARACTERIZAÇÃO DE COLLEMBOLA

Os representantes da Classe Collembola estão entre os mais antigos invertebrados a colonizarem o ambiente terrestre, cujo registro fóssil é o mais antigo conhecido de um artrópode terrestre (Figura 3) e remete ao período Devoniano (cerca de 400 milhões de anos), sendo assim considerados uma das linhagens de artrópodes mais bem sucedidas e extremamente difundidos, ocorrendo em habitats variados (BELLINGER; CHRISTIANSEN; JANSSENS, 1996–2022).

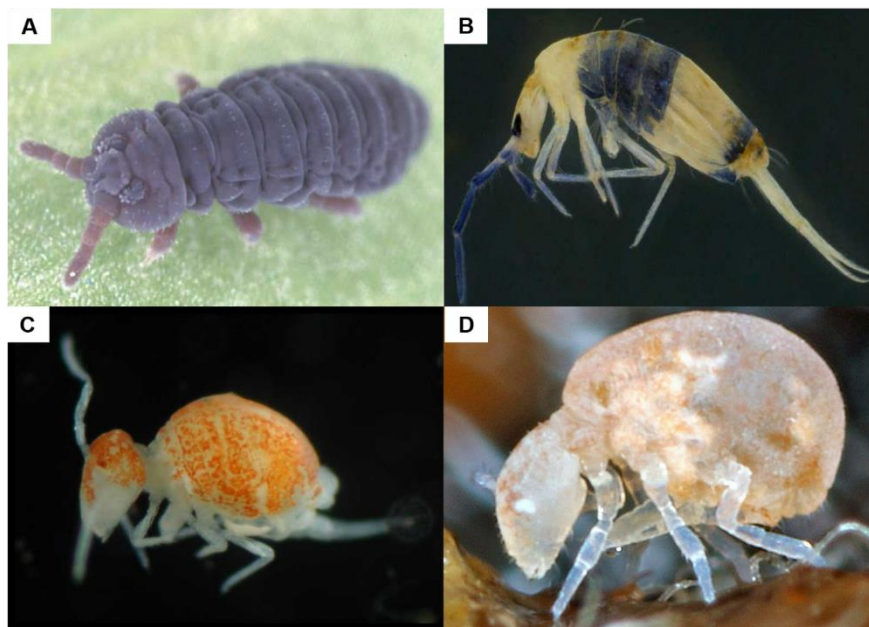


**Figura 3.** *Rhyniella praecursor*, o fóssil mais antigo de um colêmbolo, preservado em âmbar do báltico, de 400 milhões de anos (Fotografia de Steve Hopkin, Museu de História Natural de Londres) (Fonte: Hopkin, 2002).

Esses organismos possuem um padrão definido em relação às características morfológicas, no entanto, apresentam diferenças específicas, e por isso são divididos em quatro ordens (Figura 4), inicialmente separadas por serem de corpo globuloso e alongado, sendo elas: Poduromorpha, Entomobryomorpha, Neelipleona e Symphypleona (JANSSENS; CHRISTIANSEN, 2011).

Os representantes de Poduromorpha são caracterizados pelo corpo alongado visivelmente segmentado, com protórax visível e com presença de cerdas na região dorsal. Já os representantes de Entomobryomorpha possuem um corpo alongado com revestimento de cerdas e escamas, ausência de pronoto e uma redução do protórax, no qual as cerdas são ausentes (SOTO-ADAMES *et al.*, 2008). As espécies das

ordens Neelipleona e Symphypleona diferem-se das demais por apresentar corpo globular e segmentos abdominais fusionados (BELLINGER; CHRISTIANSEN; JANSSENS, 1996–2022; D'HAESE, 2003).

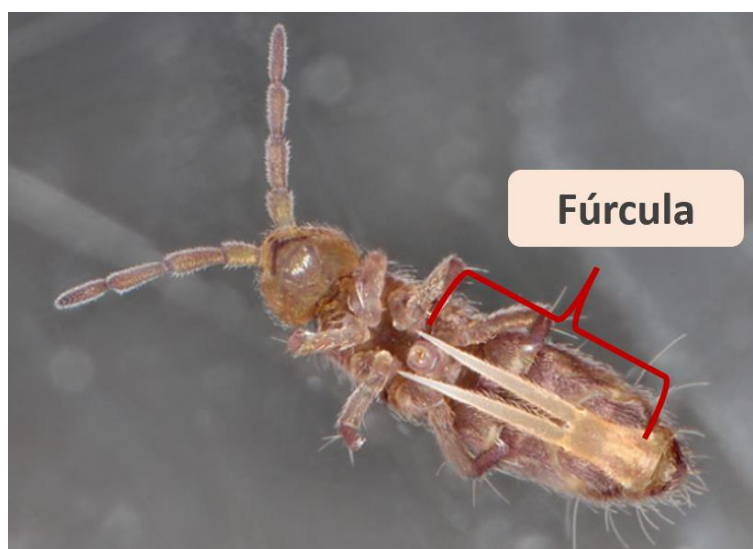


**Figura 4.** Representantes das quatro ordens de Collembola. A – *Podura aquatica* (Poduromorpha). B– *Seira tinguiira* (Entomobryomorpha). C – *Arrophalites* sp. (Symphypleona). D – *Neelus murinus* (Neelipleona). Modificado de [www.collembola.org](http://www.collembola.org).

Por apresentarem uma distribuição distinta no solo, estes organismos são classificados em três formas de vidas típicas, onde a posição que habitam no ambiente edáfico irá definir o grau de adaptação ao solo, e são determinadas com base em características morfológicas de fácil identificação que estão conectadas ao comportamento e relação dos colêmbolos com o ambiente (SANTOS, 2017). Os colêmbolos são classificados, então, como epiedáficos, que se encontram nas regiões de superfície do solo e da serrapilheira, são espécies com maior agilidade, com muitas cerdas, antenas, pernas e fúrcula longas; os hemiedáficos habitam as camadas superiores do solo, com profundidade de até 5 cm, estas espécies possuem na maioria das vezes antenas, cerdas e fúrcula reduzidas; já os euedáficos habitam as camadas mais profundas do solo, e apresentam diminuição ou ausência total de pigmentação (HOPKIN, 1997; PETERSEN, 2002; FERREIRA, 2018). Através desta classificação baseada em características, torna-se possível estudar como os fatores abióticos podem afetar esses organismos, sem que haja a necessidade de um complexo conhecimento taxonômico (PEY *et al.*, 2014; MACHADO, 2015; OLIVEIRA FILHO; BARRETTA, 2016; SILVA *et al.*, 2016).

A alimentação destes animais é composta principalmente por fungos e esporos de fungos, ajudando a controlar a biomassa desses organismos no solo, podendo também consumir bactérias, detritos vegetais e animais (CASSAGNE; GERS; GAUQUELIN 2003; CASTAÑO-MENESES; PALACIOS-VARGAS; CUTZ-POOL, 2004; BERUDE *et al.*, 2015).

Apesar de serem considerados presas fáceis, estes pequenos organismos possuem uma estratégia de defesa. O seu mecanismo de escape para evitar predadores é a fúrcula, sendo sua característica morfológica mais óbvia (Figura 5). A evolução desta estrutura deu-se através da fusão basal de um par de apêndices presentes no quarto segmento abdominal, que sob a ação do retináculo, posicionado no terceiro segmento, é mantida retraída sob o abdômen quando em repouso, e ao sair do repouso esta estrutura propulsora se choca com o substrato, o que permite que esses animais sejam lançados para o alto, proporcionando uma fuga eficiente contra predadores (HOPKIN, 1997; ZEPPELINI; BELLINI, 2004).



**Figura 5.** Fúrcula de um colêmbolo da ordem Entomobryomorpha. (Modificado de Marie – Flickr. Disponível em: <https://bityli.com/QFYTM>)

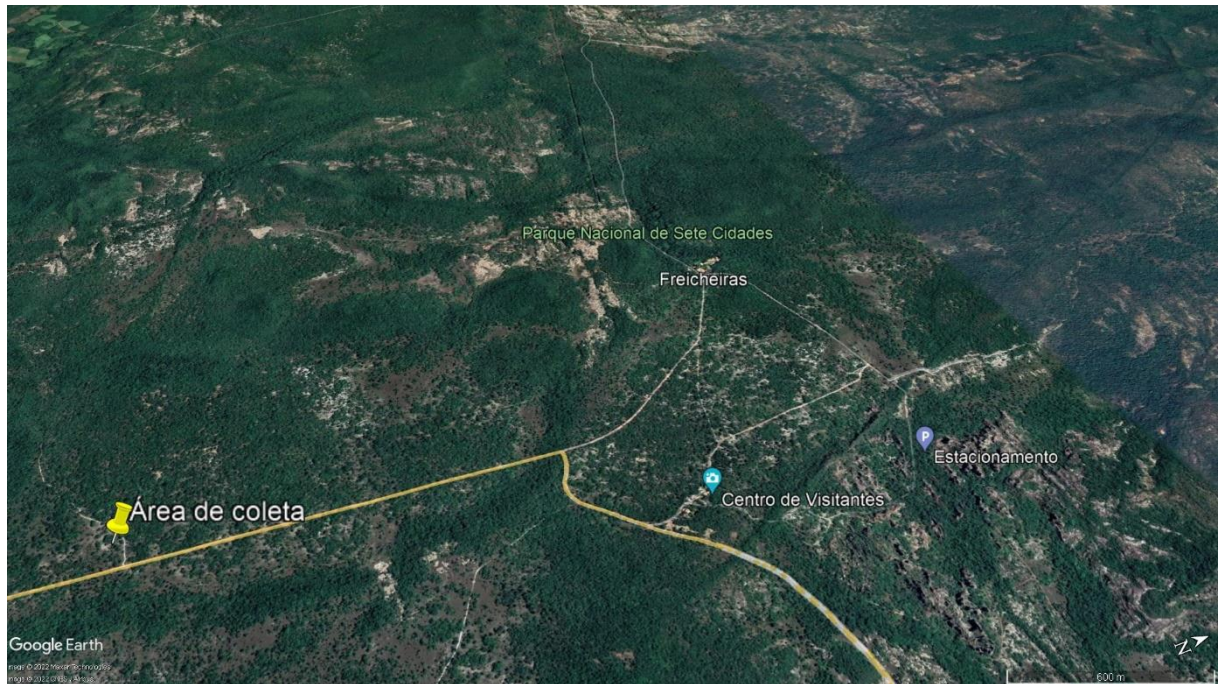
No Brasil, o percussor do estudo sobre Collembola foi o Dr. Roger Arlé na década de 1930, sendo responsável pelas primeiras descrições e publicações das espécies no Museu Nacional do Rio de Janeiro (MNRJ) (FERREIRA, 2018). O museu abrigava grande parte do material tipo de espécies descritas no país, incluindo parte da biodiversidade brasileira de Collembola ainda desconhecida, mas que, no entanto, todo esse material acumulado de anos acabou sendo perdido no incêndio que destruiu o MNRJ em 2018 (NUNES, 2019).

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de coleta deste estudo foi a região de cerrado *stricto sensu* presente no Parque Nacional de Sete Cidades (PNSC), Estado do Piauí (Figuras 6 e 7). Este tipo de fisionomia representa cerca de 70% do bioma Cerrado (PAIVA; REZENDE; PEREIRA, 2011) e é caracterizado pela presença de árvores de pequeno porte, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e normalmente com evidências de queimadas (RIBEIRO; WALTER, 2008).

O PNSC localiza-se a quase 200 km de Teresina, a capital do estado. E abrange os municípios de Piracuruca e Brasileira, entre as coordenadas 4°05' e 4°15'S e 41°30 e 41°45'O. A área total do parque é de 6.303,64 ha e a temperatura média anual é de 26.5°C, sendo junho o mês mais frio (mínima de 14.6°C) e outubro o mês mais quente (máximas de 40.2°C). A precipitação média anual em uma série de 30 anos foi de aproximadamente 1.558 mm, sendo fevereiro, março e abril os meses mais chuvosos. O relevo da área é típico de bacias sedimentares, demonstrando uma superfície pediplana com altitude variando entre 100 e 300 m. O parque está inserido na zona de transição entre os biomas Caatinga e Cerrado, e sua vegetação é constituída por um mosaico de fitofisionomias com manchas bem definidas de cada bioma, inseridas em uma vegetação transicional com aspectos de ambos, com predominância do cerrado *stricto sensu* sobre areias quartzosas e afloramentos rochosos, apresentando também campos, matas de galeria, cerradões, florestas estacionais semidecíduas e manchas de Caatinga (IBDF, 1979; OLIVEIRA, 2004).



**Figura 6.** Localização geográfica da área de coleta. Fonte: Google Earth Pro.



**Figura 7.** Área de vegetação de cerrado *stricto sensu* do Parque Nacional de Sete Cidades. Fonte: Arquivo Pessoal.

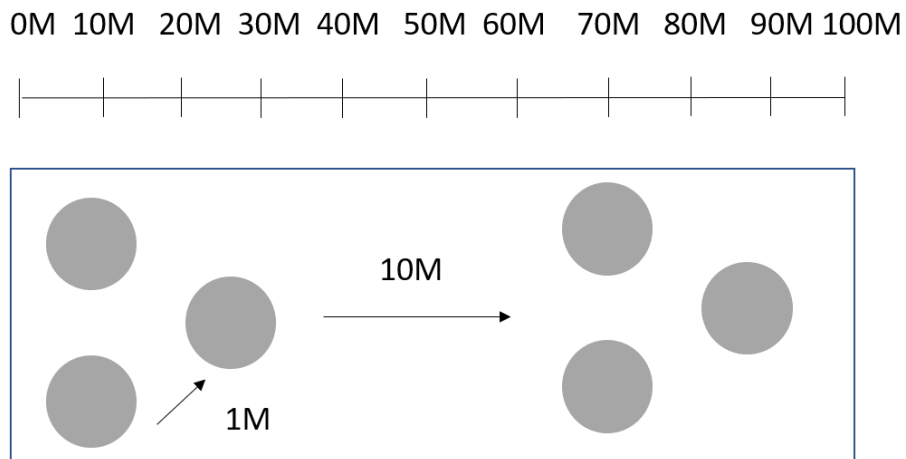
#### 4.2 MÉTODOS DE COLETA, MICROSCOPIA E IDENTIFICAÇÃO TAXONÔMICA

A coleta foi realizada entre os dias 11 e 13 do mês de maio de 2021, durante o período chuvoso. Para a captura dos espécimes foram utilizadas armadilhas de queda (*pitfall traps*), consistindo em copos descartáveis de 400 mL de volume contendo etanol 70%, enterrados com a abertura rente ao solo, e com pratos descartáveis de 20 cm de diâmetro suspensos acima dos copos para proteger o material da água da chuva. As armadilhas foram dispostas ao longo de um transecto de 100 m, contendo 11 pontos amostrais, distantes 10 m um do outro (Figura 8). Em cada ponto amostral foram montados três *pitfalls*, dispostos em formato de triângulo, distantes 1 m um do outro (Figuras 9 e 10), totalizando 33 armadilhas que ficaram expostos por 48 horas. Logo após a coleta, o material foi armazenado em etanol 70%.



**Figura 8.** Distribuição dos 11 pontos amostrais ao longo do transecto traçado na área amostral. Os pontos estão nomeados com as iniciais do nome da aluna (MG).

Fonte: Google Earth Pro

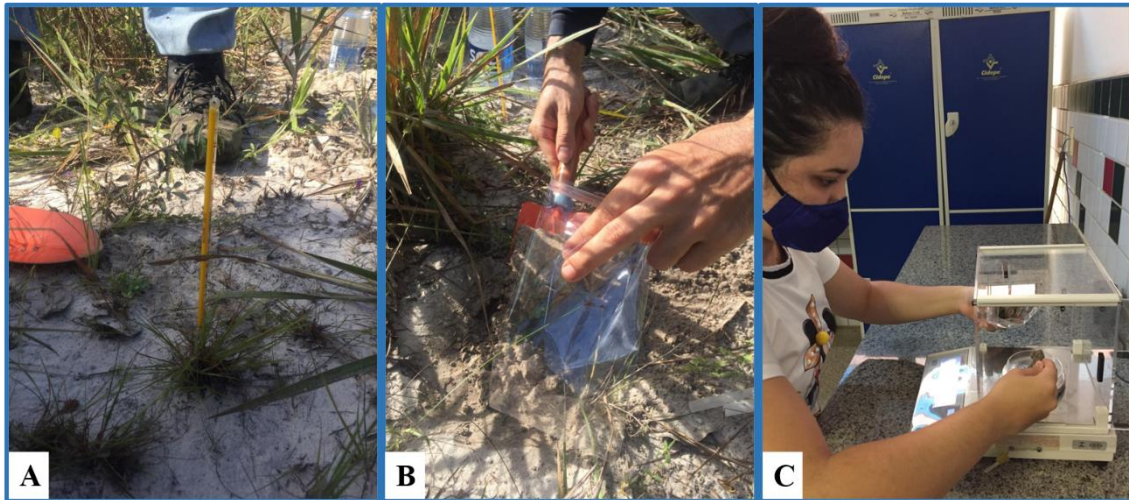


**Figura 9.** Representação esquemática do desenho amostral utilizado para a coleta dos espécimes.



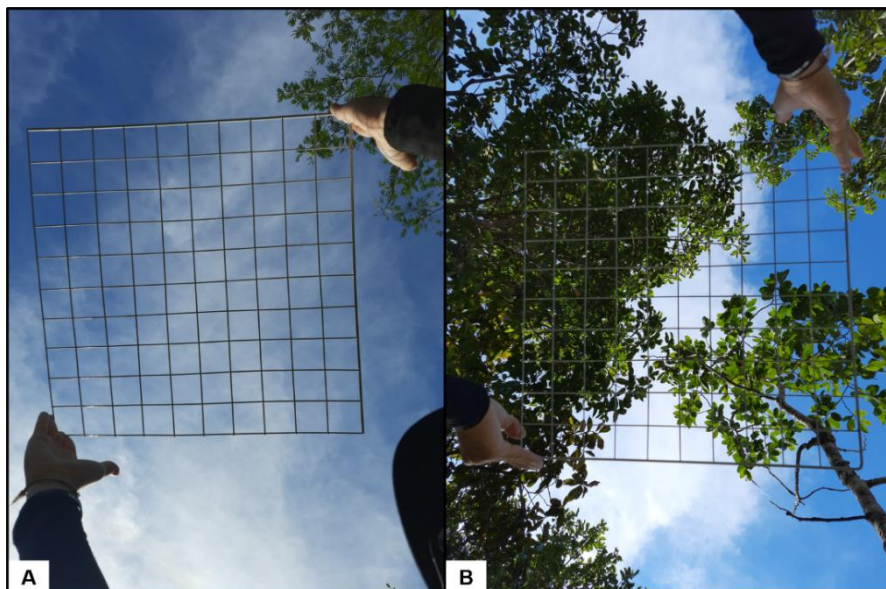
**Figura 10.** Armadilhas de queda (pitfalls traps).

Em cada ponto amostral foram coletados os parâmetros ambientais possíveis, tendo em vista os equipamentos disponíveis: temperatura do solo, umidade do solo, altura do folhço e cobertura vegetal. A aferição da temperatura do solo foi obtida com auxílio de um termômetro de mercúrio (Figura 11A). Para determinar a porcentagem de água no solo, foram usados os valores de peso úmido e peso seco de amostras coletadas a 5 cm de profundidade (Figura 11B), que foram armazenadas em sacos plásticos hermeticamente fechados, pesadas (Figura 11C), desidratadas a 105 °C por 48 horas em estufa de secagem e pesadas novamente, onde foi calculada a massa de água contida em cada amostra [ $P_{\text{água}} = P_{\text{úmido}} - P_{\text{seco}}$ ] e obteve-se o peso da água. Em seguida, para determinar a porcentagem de água que estava presente nas amostras foi utilizada a fórmula  $P_{\text{água}} / P_{\text{úmido}}$ .



**Figura 11.** coleta dos parâmetros ambientais. A - Medição da temperatura do solo. B e C - Coleta e pesagem das amostras de solo para determinar a umidade do solo.

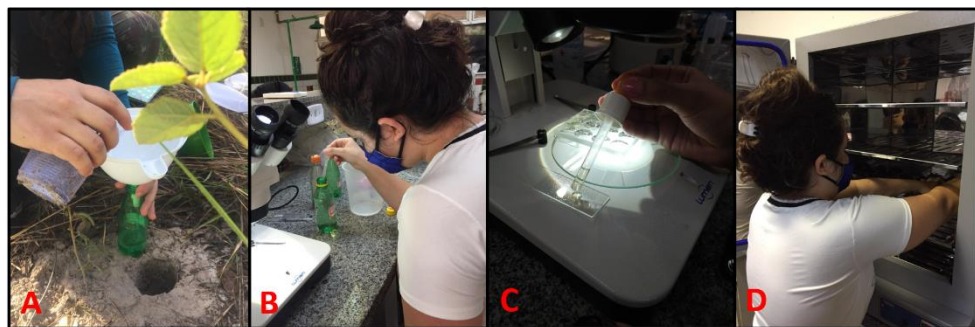
A medição da altura do folhíço foi feita com o uso de uma régua inserida no folhíço até atingir o solo propriamente dito. Para estimar a cobertura vegetal foi utilizada a metodologia usada por Ferreira (2018), que consiste em utilizar um quadro reticulado moldurado dividido em 100 retículos iguais (Figura 12A e B). Esse quadro foi posicionado acima de cada ponto amostral, paralelo ao chão, numa altura de aproximadamente 2 m e fotografado. Posteriormente, foram quantificados os quadrados preenchidos, resultando em um valor percentual de cobertura estimado visualmente.



**Figure 12.** A e B - Medição da cobertura do dossel.

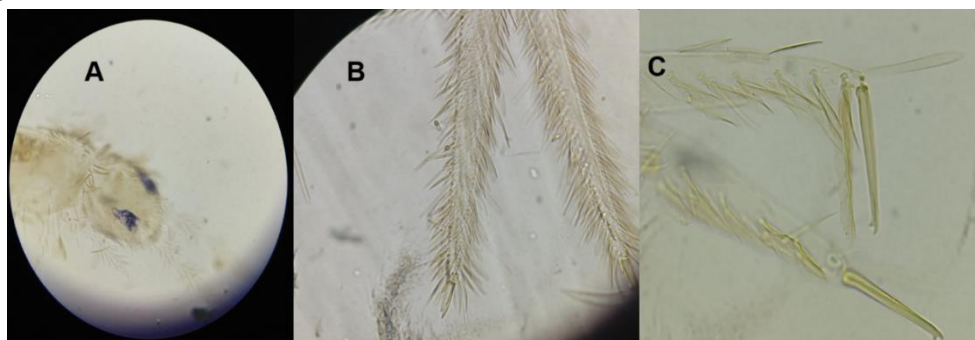
Posteriormente, os indivíduos foram triados com auxílio de um microscópio estereoscópico Lúmen (Figura 13B) e fixados em microtubos contendo etanol 70%. Para a montagem das lâminas foram utilizados os procedimentos descritos por Arlé e

Mendonça (1982) e Jordana *et al.* (1997) (Figura 13C). A primeira etapa foi o processo de clareamento dos espécimes, onde foi usado a solução de Nesbitt adicionada com auxílio de uma pipeta de Pasteur em um dos espaços de uma placa de Kline aquecida na chapa aquecedora; após a perda de pigmentação os espécimes foram transferidos para outro compartimento da placa contendo líquido de Arlé. Logo em seguida, as lâminas para microscopia foram montadas com meio de Hoyer e colocadas na estufa para secar a aproximadamente 50° C durante 5 dias (Figura 13D), e por fim seladas com esmalte incolor.



**Figure 13.** (A) armazenamento do material coletado em etanol 70%. (B) Triagem do material. (C) Montagem das lâminas para a microscopia com líquido de Hoyer. (D) Secagem das lâminas na estufa.

A identificação taxonômica dos espécimes foi realizada através do estudo da morfologia e quetotaxia dos exemplares (Figura 14), sob microscópio óptico Lúmen, com o auxílio de chaves, descrições e revisões taxonômicas. As principais chaves de identificação disponíveis são as fornecidas por Salmon (1964), Christiansen e Bellinger (1998, 2000), Bellinger, Christiansen e Janssens (1996–2022), Nunes e Bellini (2018), Nunes *et al.* (2019) e Nunes, Santos-Costa e Bellini (2020). Todos os procedimentos laboratoriais foram realizados no Laboratório de Biologia do IFPI - Campus Pedro II.



**Figura 14.** Estruturas morfológicas analisadas durante o estudo da morfologia e quetotaxia. A – Mancha ocular de *Pseudosinella triocellata*. B – Mucro de *Trogolaphysa* sp.1. C – Mucro de *Cyphoderus equidenticulati*.

### 4.3 ANÁLISE DOS DADOS

Para avaliar a eficiência do esforço amostral, foram construídas curvas de acumulação de espécies, baseadas em amostras. Além disso, a riqueza de espécies esperada foi calculada utilizando os estimadores não-paramétricos Chao 1 e 2, Jackknife 1 e 2, e Bootstrap. Todas as análises foram realizadas no software EstimateS© 9.1 (COLWELL, 2013), com 1000 randomizações sem reposição.

A diversidade de espécies foi mensurada usando o índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ), que apresenta maior sensibilidade quanto às espécies raras da comunidade, sendo apropriado para programas de manejo e conservação e foi calculado pela fórmula:  $H' = -\sum (p_i \times \log p_i)$ . A equitabilidade foi calculada usando o índice de Pielou ( $J'$ ), que indica se as diferentes espécies possuem abundâncias semelhantes ou divergentes. Seus valores variam de 0 a 1, onde 0 é a uniformidade mínima e 1 a máxima, e é representado pela expressão:  $J' = H'/H_{\max}$ . Todas as análises foram realizadas no programa R, versão 4.0.3 (R CORE TEAM, 2021), utilizando os pacotes Vegan (OKSANEN *et al.*, 2017) e MASS (VENABLES; RIPLEY, 2002).

Com a finalidade de identificar e remover as variáveis ambientais altamente correlacionadas entre si, foi realizada a Análise de Componentes Principais (PCA). Desta forma, foi identificada uma forte correlação entre as variáveis altura do folhiço e cobertura vegetal, e assim optamos por excluir a variável ambiental altura do folhiço por apresentar menor percentual de explicação dos dados quando comparada com a cobertura vegetal. Após esse procedimento, foram utilizadas as variáveis ambientais temperatura do solo, umidade do solo e cobertura vegetal para gerar a Análise de Correspondência Canônica (CCA), a fim de avaliar a influência desses parâmetros sobre os padrões de riqueza e abundância de espécies. Esses parâmetros variam espacialmente e podem criar heterogeneidade em escala local (TSCHARNTKE *et al.*, 2002; VINATIER *et al.*, 2011), podendo afetar os padrões de diversidade observados em cada transecto. Ambas as análises foram realizadas com auxílio do programa PAST, versão 4.03 (HAMMER; RYAN, 2001).

## 5. RESULTADOS

### 5.1 ABUNDÂNCIA E RIQUEZA DAS ESPÉCIES

Foram coletados um total de 221 indivíduos distribuídos em 12 espécies, seis gêneros e duas famílias (Tabela 1). Dentre as espécies coletadas, *Pseudosinella triocellata* foi a espécie com maior representatividade, com um total de 83 indivíduos, sendo encontrada em todos os pontos amostrados, representando cerca de 37,5% do número total de indivíduos coletados. A espécie *Trogolaphysa* sp.1 também obteve destaque sendo encontrada em 9 dos 11 pontos amostrados, com um total de 46 indivíduos, o que representa 20,8% da abundância total das espécies coletadas.

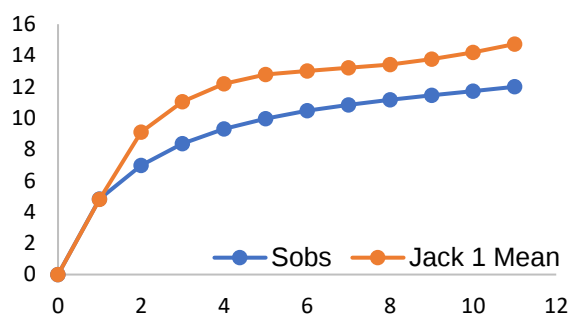
O gênero *Seira* apresentou a maior riqueza, com um total de seis espécies. Seguido do gênero *Trogolaphysa* com duas espécies, *Trogolaphysa* sp.1 e *Trogolaphysa piracurucaensis*. A família Entomobryidae apresentou a maior riqueza de espécies com um total de oito espécies (66% da riqueza total).

**Tabela 1.** Espécies e famílias de Entomobryoidea coletados por pontos amostrais. A abundância é representada pelo número total de indivíduos das espécies, e a abundância relativa pela proporção de indivíduos de cada espécie em relação a abundância total.

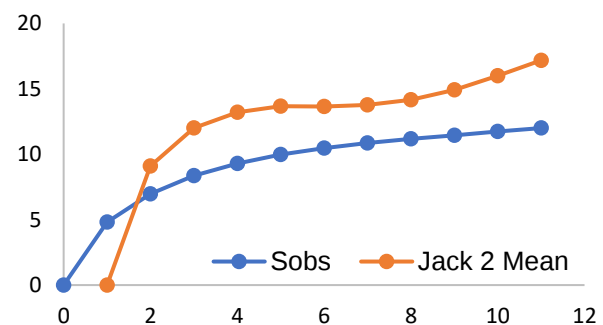
| Família/espécies                    | Pontos     | Abundância | Abundância relativa |
|-------------------------------------|------------|------------|---------------------|
| <b>Entomobryidae</b>                |            |            |                     |
| <i>Pseudosinella triocellata</i>    | 1–11       | 83         | 37,5%               |
| <i>Seira ritae</i>                  | 1, 2, 4–7  | 14         | 6,3%                |
| <i>Seira jiboiensis</i>             | 1, 2, 5    | 10         | 4,5%                |
| <i>Seira</i> sp.1                   | 1–6, 8     | 30         | 13,6%               |
| <i>Seira</i> sp.2                   | 2,6, 10    | 9          | 4,0%                |
| <i>Seira</i> sp.3                   | 2          | 1          | 0,4%                |
| <i>Seira</i> sp.4                   | 2          | 1          | 0,4%                |
| <i>Lepidocyrtinus</i> sp.1          | 6, 10, 11  | 7          | 3,2%                |
| <b>Paronellidae</b>                 |            |            |                     |
| <i>Trogolaphysa piracurucaensis</i> | 2, 9–11    | 10         | 4,5%                |
| <i>Trogolaphysa</i> sp.1            | 1, 2, 5–11 | 46         | 20,8%               |
| <i>Cyphoderus equidenticulati</i>   | 1, 4–6     | 9          | 4,1%                |
| <i>Salina bellinii</i>              | 4          | 1          | 0,4%                |
| <b>Abundância total</b>             |            | <b>221</b> |                     |

## 5.2 ESFORÇO AMOSTRAL E RIQUEZA DE ESPÉCIES

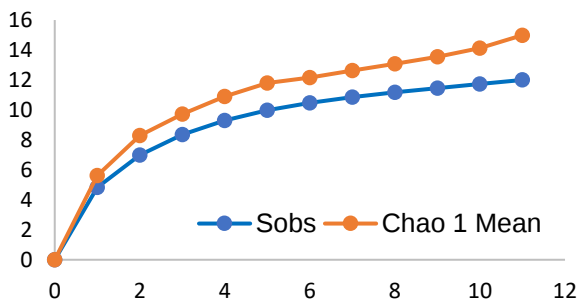
A curva cumulativa da riqueza de espécies indicou que a riqueza de espécies da área não foi completamente amostrada, no entanto, houve uma tendência à estabilidade. A estimativa de riqueza feita pelo estimador Jackknife 1 (Figura 15) para a área foi de 15 espécies e Jackknife 2 (Figura 16) estimou 17 espécies. Já os estimadores Chao 1 e Chao 2 (Figura 17 e 18) indicaram a possibilidade de encontrarmos mais três espécies caso o esforço amostral fosse maior. Já o estimador Bootstrap (Figura 19) indicou a possibilidade de encontrar mais uma espécie.



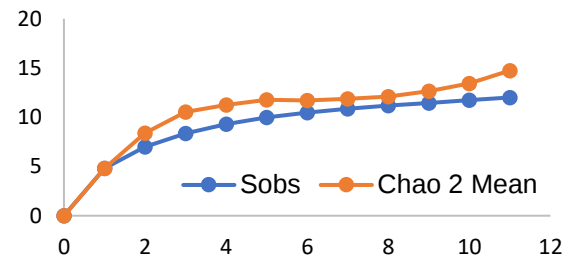
**Figura 15:** Curva de acumulação de espécies, e a estimativa obtida pelo estimador Jackknife 1 para a área amostrada.



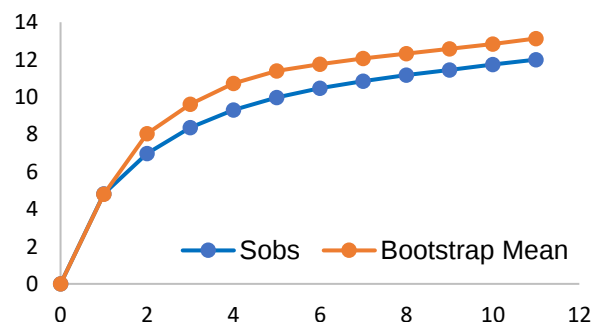
**Figura 16:** Curva de acumulação de espécies, e a estimativa obtida pelo estimador Jackknife 2 para a área amostrada.



**Figure 17:** Curva de acumulação de espécies, e a estimativa obtida pelo estimador Chao 1 para a área amostrada.



**Figure 18:** Curva de acumulação de espécies, e a estimativa obtida pelo estimador Chao 2 para a área amostrada.



**Figura 19:** Curva de acumulação de espécies, e a estimativa obtida pelo estimador Bootstrap para a área amostrada.

De acordo com os estimadores de riqueza de espécies utilizados, a suficiência amostral ficou entre 70% e 91%. Os métodos Bootstrap, Jackknife 1 e Chao 2 apresentaram os maiores valores de suficiência amostral, sendo respectivamente 91%, 81% e 81%. Enquanto Chao 1 e Jackknife 2 apresentaram os menores valores com 80% e 70%, respectivamente (Tabela 2).

**Tabela 2:** Valores de suficiência amostral obtidas a partir dos estimadores não-paramétricos Chao 1 e 2, Jackknife 1 e 2, e Bootstrap nos pontos amostrais. A suficiência amostral (%) foi calculada pela razão entre a riqueza observada [S(obs)] e o valor médio obtido através de cada estimador.

| Amostras                     | S(obs) | Chao 1 | Chao 2 | Jack 1 | Jack 2 | Bootstrap |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| 1                            | 4,82   | 5,62   | 4,8    | 4,8    | 0      | 4,8       |
| 2                            | 6,98   | 8,29   | 8,38   | 9,1    | 9,1    | 8,03      |
| 3                            | 8,36   | 9,73   | 10,52  | 11,05  | 12,02  | 9,62      |
| 4                            | 9,3    | 10,89  | 11,25  | 12,2   | 13,21  | 10,73     |
| 5                            | 9,97   | 11,79  | 11,77  | 12,79  | 13,67  | 11,39     |
| 6                            | 10,47  | 12,15  | 11,71  | 13,01  | 13,65  | 11,76     |
| 7                            | 10,85  | 12,62  | 11,87  | 13,21  | 13,76  | 12,07     |
| 8                            | 11,17  | 13,07  | 12,1   | 13,43  | 14,17  | 12,32     |
| 9                            | 11,45  | 13,55  | 12,63  | 13,76  | 14,93  | 12,57     |
| 10                           | 11,73  | 14,13  | 13,43  | 14,19  | 15,99  | 12,83     |
| 11                           | 12     | 14,99  | 14,73  | 14,73  | 17,18  | 13,13     |
| <b>Suficiência amostral:</b> |        | 80%    | 81%    | 81%    | 70%    | 91%       |

### 5.3 NOVOS REGISTROS DE ENTOMOBRYOIDEA

A área amostrada já possui alguns registros de gêneros e espécies coletadas em estudos anteriores e que também foram coletadas neste estudo, sendo elas: *Pseudosinella triocellata*, *Cyphoderus equidenticulati* e *Trogolaphysa piracurucaensis*. As demais espécies coletadas constituem novos registros para a área, sendo elas: *Trogolaphysa* sp.1, *Seira ritae*, *Seira jiboensis*, *Seira* sp.1, *Seira* sp.2, *Seira* sp.3, *Seira* sp.4, *Lepidocyrtinus* sp.1 e *Salina bellinii*, onde juntas representam 53,6% da riqueza total observada. Os gêneros *Salina*, *Seira* e *Lepidocyrtinus* também constituem novos registros para área.

#### 5.4 DIVERSIDADE DE ESPÉCIE

O valor do índice de Shannon-Wiener foi de 1,86, o que pode ser considerada uma estimativa relativamente alta, pois este valor ficou próximo da diversidade máxima calculada para a área, estimada através do índice de Shannon-Wiener máximo ( $H_{\max}$ ), que foi de 2,48 (Tabela 3). Desta maneira, há um grau moderado de incerteza em prever a que espécie pertencerá um indivíduo escolhido ao acaso no conjunto amostral. A equitabilidade expressa pelo índice de Pielou foi de 0,75, o que demonstra uma uniformidade moderadamente alta na distribuição das espécies coletadas.

**Tabela 3:** Cálculos de diversidade para a área amostrada. A diversidade de Shannon-Wiener foi calculada utilizando o somatório da abundância relativa vezes o logaritmo da abundância relativa das espécies. Enquanto o índice de Shannon máximo foi calculado utilizando o logaritmo da riqueza total ( $\ln S$ ).

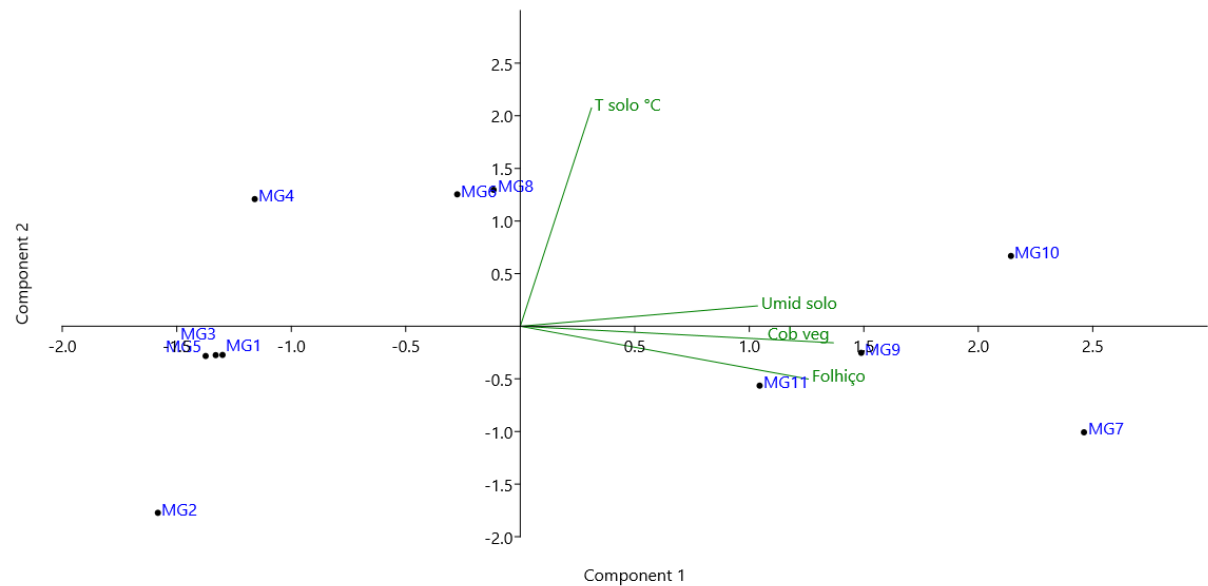
| Espécies                                                | Total | Ab. Relativa (pi) | Ln pi    | pi x Ln pi |
|---------------------------------------------------------|-------|-------------------|----------|------------|
| <i>Pseudosinella triocellata</i>                        | 83    | 0,375             | -0,97932 | -0,3678    |
| <i>Seira ritae</i>                                      | 14    | 0,063             | -2,75911 | -0,17478   |
| <i>Seira jiboensis</i>                                  | 10    | 0,045             | -3,09558 | -0,14007   |
| <i>Seira</i> sp.1                                       | 30    | 0,136             | -1,99697 | -0,27108   |
| <i>Seira</i> sp.2                                       | 9     | 0,0407            | -3,20094 | -0,13035   |
| <i>Seira</i> sp.3                                       | 1     | 0,0045            | -5,39816 | -0,02443   |
| <i>Seira</i> sp.4                                       | 1     | 0,0045            | -5,39816 | -0,02443   |
| <i>Lepidocyrtinus</i> sp.1                              | 7     | 0,032             | -3,45225 | -0,10935   |
| <i>Trogolaphysa piracurucaensis</i>                     | 10    | 0,045             | -3,09558 | -0,14007   |
| <i>Trogolaphysa</i> sp.1                                | 46    | 0,208             | -1,56952 | -0,32669   |
| <i>Cyphoderus equidenticulati</i>                       | 9     | 0,041             | -3,20094 | -0,13035   |
| <i>Salina bellinii</i>                                  | 1     | 0,0045            | -5,39816 | -0,02443   |
| <b>Índice de Shannon-Wiener (<math>H'</math>)</b>       |       |                   |          | 1,86       |
| <b>Índice de Shannon máximo (<math>H_{\max}</math>)</b> |       |                   |          | 2,48       |

## 5.5 INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS AMBIENTAIS SOBRE OS PADRÕES DE RIQUEZA E ABUNDÂNCIA DE ESPÉCIES

### 5.5.1 Análise de Componentes Principais (PCA)

A fim de compreender quais parâmetros ambientais estão correlacionados entre si e o grau de explicação e contribuição de cada um sobre a variação total dos dados, foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA). Sendo que as variáveis ambientais analisadas foram temperatura do solo, umidade do solo, cobertura vegetal e altura do folhíço. Conforme os resultados obtidos pela PCA, foi observado que dois componentes explicam 82,9% da variação total dos dados, tendo um valor de 58,11% (Tabela 4) de explicação dessa variação representada pelo CP1 (horizontal) e 24,8% pelo CP2 (vertical).

A Figura 20 mostra os resultados da PCA por meio do gráfico biplot. Considerando as variáveis avaliadas, é possível perceber uma maior influência das variáveis umidade do solo, folhíço, cobertura vegetal na explicação dos dados do eixo CP1, já a temperatura do solo sobre o eixo CP2 (Tabela 4). Ao analisar a relação entre as variáveis estudadas, percebeu-se uma forte associação entre altura do folhíço e cobertura vegetal (Figura 20), o que faz sentido, uma vez que uma maior cobertura vegetal é proporcional a uma maior queda de folhas. Com base nisso, excluímos a variável do folhíço por possuir um percentual de explicação dos dados menor do que a cobertura vegetal, e por possuir menor influência sobre o eixo PC1, que explica a maior parte da variação dos dados (Tabela 4). Desta maneira os fatores mais importantes, por serem os mais representativos na análise dos dados, foram a umidade do solo, temperatura do solo e cobertura vegetal, cujos autovalores obtiveram um percentual expressivo de explicação sobre os dois componentes principais, PC1 e PC2.



**Figura 20.** Representação em gráfico *biplot* da distribuição dos pontos amostrais em função das variáveis ambientais através da Análise de Componentes Principais (PCA).

**Tabela 4:** Componentes principais da PCA e a contribuição de cada eixo para explicar a variação dos padrões observados. E o percentual de influência dos parâmetros ambientais (umidade do solo, cobertura vegetal, temperatura do solo e altura do folhiço) sobre os dois componentes principais (PC1 e PC2).

| Componentes Principais | PC1     | PC2      |
|------------------------|---------|----------|
| Autovalores            | 2,32    | 0.993047 |
| Variação explicada (%) | 58,11   | 24,8     |
| Umidade do solo        | 0.48186 | 0.090125 |
| Cobertura vegetal      | 0.63608 | -0.07306 |
| Temperatura do solo    | 0.1446  | 0.96543  |
| Altura do folhiço      | 0.58507 | -0.23341 |

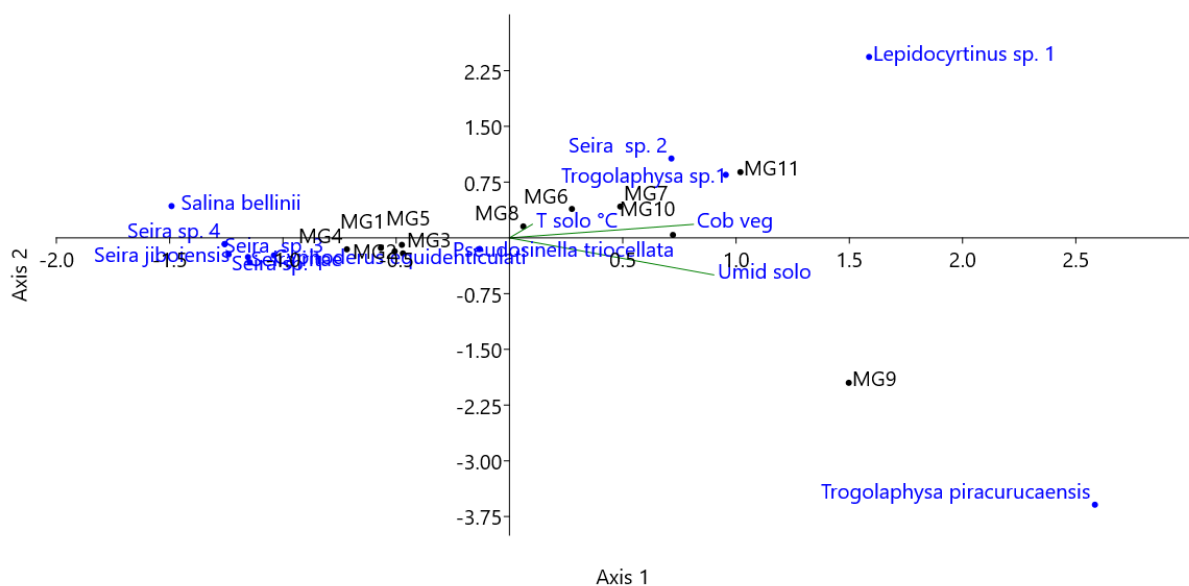
### 5.5.2 Análise de Correspondência Canônica (CCA)

A Análise de Correspondência Canônica (CCA) foi realizada para que se pudesse entender a influência das variáveis ambientais sobre os padrões de abundância relativa e riqueza das espécies. No eixo 1, representando 78,01% da variação, o fator que mais influenciou na distribuição das espécies foi a umidade do solo. Esta variável também apresentou maior interferência no eixo 2, que explica 21,99% dos dados (Tabela 5).

No lado esquerdo do gráfico *triplot* (Figura 21) estão *Salina bellinii*, *Seira* sp.3, *Seira* sp.4, *Seira* sp.1, *Cyphoderus equidenticulati*, *Seira jiboensis*, *Seira ritae* e

*Pseudosinella triocellata*. Essas espécies estão sofrendo uma influência negativa das variáveis ambientais associadas ao eixo 1, umidade do solo e cobertura vegetal, sendo encontradas em ambientes com possuíam um menor percentual destas variáveis. Associados à distribuição dessas espécies estão os pontos MG1, MG2, MG3, MG4 e MG5, que foram os pontos que apresentaram os menores índices de cobertura vegetal e umidade do solo (Tabela 6). O que sugere que essas espécies possuem uma certa resistência e preferência a ambientes mais secos e mais expostos ao sol. Já a espécie *Pseudosinella triocellata* foi pouco influenciada pela variação desses parâmetros, o que sugere ser uma espécie de hábitos generalistas, que habita ambientes variados, o que explica sua presença em todos os pontos amostrais.

No lado direito do gráfico (Figura 21), encontram-se as espécies que sofreram uma influência positiva dos parâmetros ambientais associados ao eixo 1, sendo elas: *Lepidocyrtinus* sp.1, *Trogolaphysa* sp.1, *Trogolaphysa piracurucaensis* e *Seira* sp.2, que foram influenciadas pela umidade do solo e cobertura vegetal. As maiores abundâncias dessas espécies foram nos pontos MG6, MG7, MG8, MG9, MG10 e MG11, que foram áreas que apresentaram os maiores índices de cobertura vegetal e umidade do solo (Tabela 6), o que corrobora os dados expressos pela CCA.



**Figura 21.** Representação em gráfico *triplot* da correlação entre as variáveis ambientais e a distribuição das espécies na área amostrada, expressos pela Análise de Correspondência Canônica.

**Tabela 5:** Componentes principais da Análise de Correspondência Canônica, contribuição de cada eixo para explicar a variação dos padrões observados, e percentual de influência dos parâmetros ambientais (umidade do solo, cobertura vegetal e temperatura do solo) sobre os dois eixos principais.

| Componentes CCA        | Eixo 1   | Eixo 2   |
|------------------------|----------|----------|
| Autovalores            | 0,39821  | 0,11227  |
| Variação explicada (%) | 78,01    | 21,99    |
| Temperatura do solo    | 0,101123 | 0,182997 |
| Umidade do solo        | 0,901683 | -0,49793 |
| Cobertura vegetal      | 0,811566 | 0,18238  |

**Tabela 6:** Dados ambientais coletados em cada um dos pontos amostrais. Os dados expressos corroboram a relação entre as variáveis ambientais e a diversidade de espécies evidenciada pela análise de correspondência canônica.

| Pontos amostrais | Temp. solo (°C) | Umid. Solo (%) | Cobertura vegetal (%) |
|------------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| MG1              | 28              | 0,033          | 0,005                 |
| MG2              | 27              | 0,029          | 0                     |
| MG3              | 28              | 0,031          | 0                     |
| MG4              | 29              | 0,027          | 0                     |
| MG5              | 28              | 0,027          | 0                     |
| MG6              | 29              | 0,068          | 0,18                  |
| MG7              | 28              | 0,082          | 0,675                 |
| MG8              | 29              | 0,085          | 0,16                  |
| MG9              | 28              | 0,162          | 0,385                 |
| MG10             | 29              | 0,076          | 0,695                 |
| MG11             | 28              | 0,073          | 0,58                  |

## 6. DISCUSSÃO

### 6.1 ABUNDÂNCIA E RIQUEZA DE ENTOMOBRYOIDEA EM UMA ÁREA DE CERRADO *STRICTO SENSU* DO PNSC

Segundo a classificação atual de Zhang *et al.* (2019) a superfamília Entomobryoidea é composta por três famílias, sendo elas: Paronellidae, Entomobryidae e Orchesellidae. Neste trabalho foram coletadas espécies pertencentes às famílias Paronellidae e Entomobryidae. A família Paronellidae apresentou a menor riqueza, com quatro espécies. As espécies *Trogolaphysa piracurucanensis* e *Cyphoderus equidenticulati* possuem o PNSC como localidade tipo e foram descritas por Nunes e Bellini (2018). E *Trogolaphysa* sp.1 que ainda não possui descrição taxonômica.

A família Entomobryidae foi a mais representativa da área e apresentou a maior riqueza, com oito espécies, e maior abundância com 155 indivíduos coletados. Mesmo em trabalhos que consideraram todas as ordens de Collembola, onde foram coletadas espécies de diversas famílias em diferentes ordens, a família Entomobryidae obteve destaque, com o maior número de espécies e gêneros. Em um trabalho realizado por Rocha (2013), em uma área de Caatinga, a família apresentou maior riqueza, com cinco espécies, em ambas as estações, seca e chuvosa, e a maior abundância no período seco com 349 espécimes coletadas. A dominância de Entomobryidae também ocorreu nos trabalhos de Ferreira *et al.* (2013), com uma abundância de 1004 indivíduos distribuídos em cinco espécies; Ferreira *et al.* (2018) com uma riqueza de cinco espécies, e uma abundância de 500 indivíduos; Lima (2015), com a maior abundância de espécies no período chuvoso em relação às demais famílias, com 43 indivíduos, e uma riqueza de três espécies. O inverso aconteceu no período seco, que apresentou a maior riqueza, com seis espécies, e uma menor abundância, com 205 indivíduos, quando comparada às espécies de outras famílias que foram coletadas.

A riqueza de Entomobryidae observada no Cerrado *stricto sensu* do PNSC foi maior do que a observada nos trabalhos citados anteriormente. No entanto, apresentou uma menor abundância, o que pode ser explicado pelos procedimentos de coleta diferentes e um esforço amostral maior do que o realizado neste trabalho. No entanto, apesar de alguns dos trabalhos citados apresentarem metodologias de

coleta diferentes da usada neste trabalho, ainda assim, eles corroboram que Entomobryidae é o grupo mais diversificado nos domínios secos. O que sugere que a família possui as formas epiedáficas melhor adaptadas aos diferentes subclimas das regiões do semiárido nordestino, em especial as espécies do gênero *Seira*, conforme apontado por Bellini e Godeiro (2017).

Todos os trabalhos citados anteriormente foram realizados em áreas de Caatinga, e apresentam em comum o gênero *Seira* como o mais rico entre os gêneros coletadas pertencentes à família Entomobryidae, com menores taxas de abundância de espécies na estação chuvosa, e a maior riqueza e abundância na estação seca. A exceção ocorreu no trabalho de Lima (2015), onde o gênero *Seira* apresentou a maior riqueza na estação chuvosa, mas, no entanto, a maior abundância foi do gênero *Pseudosinella*, onde a espécie dominante foi *Pseudosinella* sp.1, com 57% da abundância total de Entomobryidae.

Resultado semelhante ao encontrado na área de Cerrado *stricto sensu* do PNSC, onde o gênero *Seira* apresentou a maior riqueza, mas uma menor abundância de espécies. E a espécie dominante foi *Pseudosinella triocellata*, que detêm 37,5% da abundância total da comunidade amostrada. Esta espécie possui o PNSC como localidade tipo, e foi descrita por Nunes e Bellini (2018), e demonstrou-se generalista, tendo sofrido pouca influência da variação dos parâmetros ambientais, sendo encontrada em todos os pontos amostrais. Zeppelini *et al.* (2013), ao analisar a diversidade de três tipos de florestas, identificou a espécie *Pseudosinella dúbia* como espécie indicadora da área de Caatinga. O que sugere que espécies pertencentes ao gênero *Pseudosinella* possuem especificidade por este tipo de habitat, com condições semiáridas, e apresentam características morfológicas que permitem que se adaptem a esses ambientes.

No entanto, em publicações anteriores, a dominância ecológica foi de espécies do gênero *Seira* (SANTOS-ROCHA; ANDREAZZE; BELLINI, 2011; FERREIRA *et al.*, 2013; BELLINI; GODEIRO, 2017). As espécies do gênero obtiveram altos picos populacionais durante a estação seca e uma redução da abundância durante o período chuvoso. Isso pode explicar a dominância ecológica da espécie *Pseudosinella triocellata* no Cerrado *stricto sensu*, pois apesar de apresentar condições ambientais que favorecem a dominância de *Seira*, foi realizado durante o período chuvoso, o que pode ter influenciado a baixa abundância dessas espécies. E, em contrapartida, favorecido a alta abundância de *Pseudosinella triocellata*. No trabalho de Lima (2015),

a população de *Pseudosinella* sp.1 no período chuvoso obteve alto índice de dominância, e uma alta redução da sua população no período seco. E o inverso ocorreu com a abundância e riqueza de *Seira*, o que sugere que à medida que a população de *Seira* aumenta no período seco, há um decréscimo da população de *Pseudosinella*, provavelmente causada por competição entre as espécies. No entanto, é necessário avaliar a composição da fauna de Collembola da área de Cerrado *stricto sensu* do PNSC durante a estação seca para que se possa comprovar se o gênero *Seira* é mais abundante neste período, ou se as condições ambientais da área amostral são ideais para a dominância de *Pseudosinella triocellata* em ambas as estações.

## 6.2 NOVOS REGISTROS DE OCORRÊNCIA

Este trabalho estende a área de ocorrência de *Seira ritae*, *Seira jiboensis* e *Salina bellinii*. *Seira jiboensis* foi descrita para o Estado da Bahia, por Godeiro e Bellini (2014), em áreas úmidas da Caatinga da Serra da Jiboia. Ao contrário da espécie *Seira ritae* que foi descrita por Bellini e Zeppelini (2011) no Estado da Paraíba, tendo como localidade tipo a Praia do Bessa, João Pessoa/PB. No entanto, em estudo realizado por Ferreira (2018) em áreas de Mata Atlântica e Caatinga da Paraíba, evidenciou-se que a espécie *Seira ritae* foi a única do gênero que ocorreu em todas as áreas de floresta seca, possuindo registro também na Serra das Confusões, Piauí, (GODEIRO, 2013), e em Quixadá, Ceará (BELLINI; GODEIRO, 2017). Já a espécie *Salina bellinii* foi descrita por Oliveira, Cipola e Almeida (2018), com localidade tipo em áreas de floresta amazônica do município de Oriximiná, no Pará. O que demonstra que estas espécies possuem como localidade tipo ambientes com condições similares ao do cerrado *stricto sensu*, com exceção da espécie *Salina bellinii*.

Grande parte do material biológico deste estudo é composto por espécies que ainda não possuem descrição taxonômica, o que sugere que há muitas lacunas a serem preenchidas para que se possa compreender o perfil da fauna de Entomobryoidea no país. A maioria dos registros de novas espécies pertencem a família Entomobryidae e ao gênero *Seira*, o que se repetiu em estudos anteriores. Em trabalho realizado por Bellini e Godeiro (2017), em áreas úmidas da Caatinga dos estados do Ceará, Bahia e Rio Grande do Norte, foram registradas um total de 19 novas espécies de Collembola, das quais 13 pertenciam a Superfamília

Entomobryoidea e 12 pertencem a família Entomobryidae. A dominância de Entomobryidae nos registros de novos táxons também ocorreu nos trabalhos de Ferreira (2010), Ferreira *et al.* (2013, 2018), com quatro espécies cada; Rocha (2013) com três espécies; Silva (2014) com sete espécies, e Siqueira (2019) com 10 espécies. Com exceção dos trabalhos de Ferreira (2010) e Silva (2014) que foram realizados, respectivamente, em uma área de manguezal da Paraíba e de Mata Atlântica do Rio Grande do Norte, os demais foram todos realizados em áreas de Caatinga, e a grande maioria dos registros de novos táxons pertenciam ao gênero *Seira*.

O expressivo número de novos registros de espécies neste estudo e em outros, reflete o baixo conhecimento da fauna de Collembola nas áreas de Cerrado e Caatinga, e até mesmo do Brasil, onde nem mesmo o registro de um total de 457 espécies, ou os dados apresentados aqui, são suficientes para compreender o real status da diversidade do grupo no país, que possui muitas áreas com grande potencial de ampliação do conhecimento sobre o grupo, mas que nunca foram inventariadas, o que indica que o perfil taxonômico da fauna de Collembola está apenas começando a ser compreendido. O Cerrado, por exemplo, possui apenas 14 registros de espécies, onde a maioria foi coletada em áreas de transição com outros biomas, e apenas 3 foram registradas na área de Cerrado típico sem influência de outros domínios fitogeográficos (SILVA, 2021).

Desta maneira, o estado de conhecimento do grupo no país é deficitário e para que se possa ter um panorama da sua real diversidade e, por consequência, ampliar a taxa de riqueza da região Neotropical, faz-se necessário a realização de novos inventários em outras áreas de Cerrado e de outros biomas do Brasil.

### 6.3 DIVERSIDADE DE ENTOMOBRYOIDEA

A diversidade de Entomobryoidea expressa pelo índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) indicou uma diversidade relativamente alta (1,86), que se aproximou da diversidade máxima ( $H_{\max}$ ) esperada para a área, que é de 2,48. Já a equitabilidade de Pielou ( $J'$ ) foi de 0,75. Resultados semelhantes foram obtidos para a área de mata ciliar do PNSC, em um trabalho realizado por Freitas (2022).

Ao se comparar as duas áreas, ambas compartilham um total de nove espécies, que apresentam abundâncias distintas em cada ambiente. A espécie *Salina bellinii*

apresentou uma maior abundância na área de mata ciliar, e obteve apenas um indivíduo na área de Cerrado *stricto sensu*. A diferença de abundância entre as áreas possivelmente se deve ao fato de que esta espécie possui como localidade tipo florestas úmidas e, por consequência, pode apresentar preferência por este tipo de habitat, onde foi registrada pela primeira vez na floresta amazônica, sendo que o Cerrado *stricto sensu* pode apresentar condições adversas a ela. A presença da espécie no Cerrado *stricto sensu* pode estar relacionada a proximidade entre as diferentes fitofisionomias dentro do PNSC, que permite que essas espécies migrem de um local a outro, principalmente em períodos chuvosos e durante a noite, quando umidade do solo é maior e as temperaturas são mais baixas.

A espécie *Seira ritae* também foi coletada em ambos os ambientes, mas com apenas um espécime coletado no ambiente mata ciliar, e uma abundância de 14 espécimes no Cerrado *stricto sensu*. O que reforça, mais uma vez, a ideia de que o Cerrado *stricto sensu* apresenta condições ambientais mais favoráveis para o desenvolvimento desta espécie, onde a assembleia de Entomobryoidea deste habitat é formada majoritariamente por espécies adaptadas a ambientes semiáridos.

Estudos acerca da ecologia, diversidade e distribuição destes organismos são escassos. Portanto, não há estudos que possam ser completamente comparáveis com este, pois adotam procedimentos metodológicos diferentes e trabalham com todas as ordens do grupo. Dentre estes trabalhos está o de Zeppelini *et al.* (2013), onde o  $H'$  do ambiente de Caatinga estudado variou de 3,08 a 3,18 entre os transectos, e a equitabilidade ( $J'$ ) foi de 0,86 em ambos os transectos. Já nas áreas de Caatinga analisadas por Lima (2015), o  $H'$  variou de 2,09 a 2,35, o que se assemelha com a diversidade máxima calculada para o Cerrado *stricto sensu*, no presente estudo. Também, apresentou uma menor equitabilidade, com variação de 0,72 a 0,81 entre os ambientes amostrais. Apesar de que esses resultados não possam ser plenamente equiparáveis aos dados que obtivemos para a área de Cerrado *stricto sensu*, tais dados indicam que a diversidade e equitabilidade em áreas semiáridas tendem a ser semelhantes. O que sugere que em caso de ampliação do trabalho aqui realizado, os resultados, de maneira especulativa, poderiam ser mais semelhantes aos citados anteriormente.

#### 6.4 INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS AMBIENTAIS SOBRE OS PADRÕES DE RIQUEZA E ABUNDÂNCIA DE ESPÉCIES

A maior parte das espécies coletadas na área de Cerrado *stricto sensu* do PNSC foram negativamente influenciadas pela umidade do solo e pelo percentual de cobertura vegetal. Em contrapartida, no estudo realizado por Zeppelini *et al.* (2013) em três tipos diferentes de florestas, evidenciou-se que as variáveis ambientais cobertura vegetal e umidade do solo influenciaram positivamente a fauna de Collembola, onde a área de Mata Atlântica e Floresta Amazônica de Campinarana apresentaram as maiores riquezas de espécies, já a área de Caatinga apresentou a menor riqueza de espécies e não compartilhou nenhuma espécie com as demais áreas. Esse fato foi relacionado às condições ambientais do domínio, que foi a área amostral mais seca. A área de Cerrado *stricto sensu* apresenta condições ambientais que de certa forma se assemelham à Caatinga em muitos aspectos, o que sugere que a fauna de Collembola encontrada em regiões semiáridas ou que passam por longos períodos de estiagens sazonais, como estas, apresentam características morfológicas que permitem sua sobrevivência em ambientes secos, e por consequência exibem uma certa preferência por este tipo de habitat.

Desta maneira, grande parte das espécies coletadas neste trabalho tiveram o seu primeiro registro em florestas de altas temperaturas ou regiões semiáridas, e através dos dados expressos pela CCA, foi possível perceber a correlação entre a distribuição dessas espécies e locais mais secos, onde a maior abundância ocorreu nos pontos amostrais que apresentaram uma menor cobertura vegetal e baixa umidade do solo, o que aponta para uma resistência do grupo a esse tipo de ambiente.

A capacidade de habitar ambientes secos está intimamente relacionada às suas características morfológicas, como a intensa presença de cerdas e escamas no corpo, que permite que camadas de ar fiquem presas sobre seus corpos, o que dificulta a perda de água pelas espécies, favorecendo a sobrevivência em ambientes secos (CHRISTIANSEN; BELLINGER, 2000; ZEPPELINI; BELLINI, 2004).

Em outros trabalhos realizados em áreas de Caatinga, que apresentam características ambientais similares à área amostral deste trabalho, outras variáveis ambientais foram correlacionadas com a abundância e riqueza de espécies. Ferreira *et al.* (2013) evidenciaram que a precipitação foi diretamente relacionada com a

abundância e riqueza de Collembola como um todo. Rocha (2013) identificou uma correlação negativa entre a proporção de areia no solo e a abundância de Collembola. O solo arenoso foi predominante na área de Cerrado *stricto sensu* estudada aqui, esse tipo de solo associado a uma menor taxa de cobertura vegetal proporcionam uma baixa retenção de água no solo. A disponibilidade de água no solo possui grande importância para as espécies de Collembola, principalmente para a fauna epiedáfica, que apresenta grande sensibilidade a dessecação superficial do solo (SOUTO, 2006; ROCHA, 2013). No trabalho realizado por Ferreira *et al.* (2018), os fatores ambientais biomassa aérea e riqueza de plantas obtiveram uma correlação negativa com a abundância de colêmbolos epiedáficos, sendo a variação da abundância explicada pelo pH do solo. Estes dados indicam que diversos parâmetros ambientais, que não foram analisados neste trabalho, podem influenciar a riqueza e a abundância das espécies no Cerrado *stricto sensu* do PNSC e nos ambientes do domínio Caatinga que compartilham uma fauna de Collembola semelhante, adaptadas a climas semiáridos ou com longos períodos de estiagem. Pois para que possam habitar ambientes em condições secas, esses animais devem ser altamente especializados a esse tipo de ambiente, tendo em vista que foram naturalmente submetidas a um alto déficit hídrico (ZEPPELINI *et al.*, 2013).

Portanto, o Parque Nacional de Sete Cidades constitui-se como um verdadeiro laboratório natural para estudos taxonômicos, ecológicos e populacionais, a sua complexidade em termos de fitofisionomias, com padrão de vegetação em mosaico, permite a formação de ambientes heterogêneos e bem definidos (NUNES 2019). Os dados aqui apresentados expandem o conhecimento da diversidade de Collembola na área de transição Cerrado-Caatinga, que apresenta um elevado potencial de endemismo, com táxons adaptados as condições ambientais das áreas, o que implica na necessidade de políticas conservacionistas mais expressivas para a região, pois o primeiro passo para adoção de estratégias de preservação é conhecer a biodiversidade do ambiente.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao fim deste estudo foi possível chegar as seguintes conclusões:

- Este estudo foi realizado em uma área restrita e pontual, e ainda assim se obteve uma riqueza total de 12 espécies.
- O levantamento proveu um registro de seis novas espécies para a ciência. Além de estender a área de ocorrência dos gêneros *Salina*, *Seira* e *Lepidocyrtinus*, e das espécies *Salina bellinii*, *Seira ritae* e *Seira jiboensis*, que constituem novos registros para a o PNSC e algumas para o Estado do Piauí.
- O estudo confirmou a maior riqueza do gênero *Seira* em ambientes secos, e o registro de mais quatro espécies ainda não descritas torna o gênero ainda mais rico.
- Os resultados desse trabalho são importantes para ações de conservação e manejo sustentável, pois caso seja necessário expandir as áreas prioritárias de conservação, deve-se levar em conta essas informações para proteger espécies raras presentes no ambiente de cerrado *stricto sensu*.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, F.C. **Estrutura e composição florística de duas comunidades lenhosas em Cerrado *stricto sensu* ralo e cerrado *stricto sensu* típico no oeste da Bahia**. Monografia (Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – RJ, 2014.
- ANTONIOLLI, Z.I.; REDIN, M.; SOUZA, E.L.; POCOJESKI, E. Metais pesados, agrotóxicos e combustíveis: efeito na população de colêmbolos no solo. **Ciência Rural**, v. 43, n. 6, p. 992–998, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84782013005000056>.
- ARAÚJO, K.C.; ANDRADE, E.B.; BENÍCIO, R.A.; SENA, F.P.; SILVA, R.A.; SANTOS, A.J.S.; COSTA, C.A.; ÁVILA, R.W. Anuros do Parque Nacional de Sete Cidades, Estado do Piauí, nordeste do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 20, n. 4, p. 1–14, 2020.
- ARLÉ, R.; MENDONÇA, C. Estudo preliminar das espécies de *Dicranocentrus* Schött, 1893, ocorrentes no Parque Nacional da Tijuca, Rio de Janeiro (Collembola). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 42 n. 1, p. 41–49, 1982.
- BELLINI, B.C.; GODEIRO N. N. Novos registros de Collembola (Arthropoda: Hexapoda) para áreas úmidas do semiárido do Brasil. **Artrópodes do Semiárido. Biodiversidade e Conservação (F. Bravo & A. Calor, eds.)**. Printmídia, Feira de Santana, p. 28–53, 2017.
- 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.
- BELLINI, B. C.; ZEPPELINI, D. A new species of *Seira* (Collembola: Entomobryidae: Seirini) from the Northeastern Brazilian coastal region. **Zoologia**, v. 28, n. 3, p. 403–406, 2011.
- BELLINGER, P.F.; CHRISTIANSEN, K.A.; JANSSENS, F. **Checklist of the Collembola of the World**, 1996–2022. Disponível em: <http://www.collembola.org>. Acessado em 01 de Jan de 2021.
- BERUDE, M.; GALOTE, J.K.B.; PINTO, P.H.; AMARAL, A.A. A mesofauna do solo e sua importância como bioindicadora. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 14, 2015.
- CASSAGNE, N.; GERS, C.; GAUQUELIN, T. Relationships between Collembola, soil chemistry and humus types in forest stands. **Biology and Fertility of Soils**, v. 37, p. 355–361, 2003.

CASTAÑO-MENESES, G.; PALACIOS-VARGAS, J.G.; CUTZ-POOL, L. Q. Feeding habits of Collembola and their ecological niche. **Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología**, v. 75, n. 1, p. 135–142, 2004.

CASTRO, A.A.J.F. Cerrados do Brasil e do Nordeste: produção, hoje, deve também incluir manutenção da biodiversidade. **Agricultura e Meio Ambiente. São Paulo, IMESP**, p. 79–87, 2000.

CHRISTIANSEN, K.; BELLINGER, P. **The Collembola of North America North of Rio Grande, A taxonomy analysis**. Grinnell College, Grinnell, v. 1, p. 1520, 1998.

CHRISTIANSEN, K.; BELLINGER, P. A survey of the genus *Seira* (Hexapoda: Collembola: Entomobryidae) in the Americas. **Caribbean Journal of Science**, v. 36, p. 39–75, 2000.

CIPOLA, N. G.; MORAIS, J.W.; BELLINI, B. C. Review of *Lepidocyrtinus* Börner, 1903 (Collembola, Entomobryidae, Seirinae): the African species. **Zootaxa**, v. 4898, n. 1, p. 1–107, 2020.

COLWELL R. K. **EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples**. Version 8, 2013. Disponível em: [purl.oclc.org/estimates](http://purl.oclc.org/estimates).

CULLEN JUNIOR, L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre. **UFPR. Curitiba, PR**, 2003.

D'HAESE, C.A. Morphological appraisal of Collembola phylogeny with special emphasis on *Poduromorpha* and a test of the aquatic origin hypothesis. **Zoologica Scripta**, v. 32, n. 6, p. 563–586, 2003.

FERREIRA, A. S. **Diversidade de Collembola (Arthropoda: Hexapoda) em manguezais do estuário do Rio Paraíba do Norte, Paraíba**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual da Paraíba, João Pessoa, 2010.

FERREIRA, A.S. **Diversidade e distribuição de Collembola (Arthropoda, Hexapoda) no Estado da Paraíba, Brasil**: a influência dos fatores ambientais e espaciais e a descrição de novos táxons. Tese (Doutorado em Ciências biológicas) – Centro de ciências exatas e da natureza, Universidade Federal da Paraíba, 2018.

FERREIRA, A.S.; BELLINI, B.C.; VASCONCELLOS, A. Temporal variations of Collembola (Arthropoda: Hexapoda) in the semiarid Caatinga in northeastern Brazil. **Zoologia**, v. 30, n. 6, p. 639–644, 2013.

FERREIRA, A.; ROCHA, I.M.S.; BELLINI, B.C.; VASCONCELLOS, A. Effects of habitat heterogeneity on epiedaphic Collembola (Arthropoda: Hexapoda) in a semiarid ecosystem in Northeast Brazil. **Zoologia**, v. 35, 2018.

FREITAS, J.L.G. **Diversidade de Entomobryoidea (Hexapoda: Collembola) epiedáficos de uma área de mata ciliar do Parque Nacional de Sete Cidades**,

**Piauí, Brasil.** Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas – Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologias, Piauí, 2022.

GODEIRO, N.N. **Diversidade de Seirini (Collembola, Arthropleona, Entomobryidae) em áreas úmidas da caatinga.** Dissertação (Mestrado em Sistemática e Evolução) – Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Natal - RN, 2013.

GODEIRO, N. N.; BELLINI, B. C. Three new species of *Seira* Lubbock (Collembola, Entomobryidae) from Caatinga Domain, northeastern Brazil. **Zootaxa**, v. 3764, n. 2, p. 131–151, 2014.

HAMMER; H. D.; RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Paleontologia Eletrônica 4(1)**: 9pp. [http://paleo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://paleo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm). Acesso em 12 de Janeiro de 2022.

HOFFMANN, R.B.; NASCIMENTO, M.S.V.; DINIZ, A.A; ARAÚJO, L.H.A.; SOUTO, J.S. Diversidade da mesofauna edáfica como bioindicadora para o manejo do solo em Areia, Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 122–125, 2009.

HOPKIN, S.P. **Biology of springtails (Insecta: Collembola).** New York: Oxford University Press, 1997.

HOPKIN, S.P. Collembola. **Encyclopedia of Soil Science**, p. 207–210, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL (IBDF). **Plano de manejo: Parque Nacional de Sete Cidades.** IBDF, Brasília, 1979.

JANSSENS, F.; CHRISTIANSEN, K.A. Class Collembola Lubbock, 1870. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.) Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. **Zootaxa**, v. 3148, n. 1, p. 192–194, 2011.

JORDANA, R.; ARBEA, J.I.; SIMÓN, C.; LUCIÁÑEZ, M.J. Fauna Iberica. Collembola Poduromorpha. **Museo Nacional de Ciencias Naturales**, Madrid, v. 8, p. 807, 1997.

LIMA, I. C. S. **Padrões de distribuição da diversidade de Collembola (Arthropoda, Hexapoda) no semiárido Paraíba.** Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, 2015.

LINDOSO, G. S. **Cerrado sensu stricto sobre neossolo quartzarênico: fitogeografia e conservação.** Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília – UNB, 2008.

MACHADO, J.S. **Diversidade morfológica de colêmbolos (Hexapoda: Collembola) em sistemas de manejo do solo.** Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Centro de ciências agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Lages, 2015.

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

MESQUITA, M.R. **Florística e fitossociologia de uma área de cerrado marginal (cerrado baixo) do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí**. Dissertação (Mestrado em biologia vegetal) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

NUNES, R.C. **Estudo taxonômico dos Entomobryoidea (Arthropoda: Collembola) em áreas prioritárias para conservação da Caatinga**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, 2019.

NUNES, R.C.; BELLINI, B.C. Three new species of Entomobryoidea (Collembola: Entomobryomorpha) from Brazilian Caatinga-Cerrado transition, with identification keys to Brazilian *Cyphoderus*, *Pseudosinella* and *Trogolaphysa* species. **Zootaxa**, v. 4420, n. 1, p. 71–96, 2018.

NUNES, R.C.; GODEIRO, N.N.; PACHECO, G.; LIU, S.; GILBERT, M.T.P.; ALVAREZ-VALIN, F.; ZHANG, F.; BELLINI, B.C. The discovery of Neotropical *Lepidosira* (Collembola, Entomobryidae) and its systematic position. **Zoologica scripta**, v. 48, n. 6, p. 783–800, 2019.

NUNES, R.C.; SANTOS-COSTA, R.C.; BELLINI, B.C. The first Neotropical *Capbrya* Barra, 1999 (Collembola: Orchesellidae: Nothobryinae) and the reinterpretation of Nothobryinae systematics. **Zoologischer Anzeiger**, v. 288, p. 24–42, 2020.

OKSANEN, F.J.; GUILLAUME, B.; ROELAND, K.; PIERRE, L.; PETER, R.M.; O'HARA, R.B.; GAVIN, L.S.; PETER, S.; STEVENS, M.H.H.; WAGNER, H. **Vegan**: Community Ecology Package. R package, version 4.0.3, 2017. Disponível em: <https://CRAN.project.org/package=vegan>.

OLIVEIRA FILHO, L.C.I.; BARETTA, D. Por que devemos nos importar com os colêmbolos edáficos? **Scientia Agraria**, v. 17, n. 2, p. 21–40, 2016.

OLIVEIRA, F.G.L.; CIPOLA, N. G.; ALMEIDA, E. A. B. Systematics and biogeography of *Salina* MacGillivray (Collembola: Entomobryoidea), with emphasis on the species groups in the New World. **Insect Systematics & Evolution**, v. 51, n. 1, p. 81-138, 2018.

OLIVEIRA, M.E. **Mapeamento, florística e estrutura de transição campo-floresta na vegetação (cerrado) do Parque Nacional de Sete Cidades, Nordeste do Brasil**. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas - SP, 2004.

OLIVEIRA, M.E.A.; MARTINS, F. R.; CASTRO, A. A. J. F.; SANTOS, J. R. Classes de cobertura vegetal do Parque Nacional de Sete Cidades (transição campo-floresta) utilizando imagens TM/Landsat, NE do Brasil. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Florianópolis, INPE, 7103p, p. 1775-1783, 2007.

PAIVA, A.O.; REZENDE, A.V.; PEREIRA, R.S. Estoque de carbono em cerrado *sensu stricto* do Distrito Federal. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 527–538, 2011.

POTAPOV, A.; BELLINI, B.C.; CHOWN, S.L.; DEHARVENG, L.; JANSSENS, F.; KOVÁČ, Ľ.; KUZNETSOVA, N.; PONGE, J. Towards a global synthesis of Collembola knowledge: challenges and potential solutions. **Soil Organisms**, v. 92, n. 3, p. 161-188, 2020.

PETERSEN, H. General aspects of collembolan ecology at the turn of the millennium: proceedings of the Xth international colloquium on Apterygota, České Budějovice 2000: Apterygota at the beginning of the third millennium. **Pedobiologia**, v. 46, n. 3–4, p. 246–260, 2002.

PEY, B.; NAHMANI, J.; AUCLERC, A.; CAPOWIEZ, Y.; CLUZEAU, D.; CORTET, J.; HEDDE, M. Current use of and future needs for soil invertebrate functional traits in community ecology. **Basic and Applied Ecology**, v. 15, n. 3, p. 194–206, 2014.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna, R Foundation for Statistical Computing, 2021. Disponível em: <https://www.rproject.Org>. Acessado em 22 de janeiro de 2021.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. **Cerrado: ecologia e flora**, v. 1, p. 151–212, 2008.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. **Embrapa Cerrados-Capítulo em livros científicos**, 1998.

ROCHA, I.M.S. **Colêmbolos (arthropoda: hexapoda: collembola) numa área de caatinga do nordeste brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Sistemática e Evolução) – Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2013.

SALMON, J.T. An index to the Collembola. **Royal Society of the New Zealand Bulletin**, v. 7, n. 1, p. 98–144, 1964.

SAMPAIO, A. C. F.; BIANCHIN, J. E.; SANTOS, P. M; ARIATI, V.; SANTOS, L. M. Fitossociologia do Cerrado *sensu stricto* na bacia do Rio Parnaíba no nordeste brasileiro. **Advances in Forestry Science**, v. 5, n. 2, p. 299-307, 2018.

SANTOS, M.A.B. **Diversidade morfológica de Collembola em sistemas de uso do solo no leste de Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado em Ciências do solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages – SC, 2017.

SANTOS-ROCHA, I.M.; ANDREAZZE, R.; BELLINI, B.C. Registros de Collembola (Arthropoda, Hexapoda) no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, p.167–170, 2011.

SILVA, C.E.M. Ordenamento Territorial no Cerrado brasileiro: da fronteira monocultora a modelos baseados na sociobiodiversidade. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 19, p. 89–109, 2009.

SILVA, C.T.P. **Taxonomia de Entomobryoidea (Collembola, Hexapoda) em uma área de cerrado no Brasil**. Dissertação (Mestrado em sistemática e Evolução) – Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2021.

SILVA, D. D. **Entomobryoidea e Symphypleona (Collembola, hexapoda) em remanescentes de Mata Atlântica do estado do Rio Grande do Norte**. Dissertação (Mestrado em Sistemática e Evolução) – Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2014.

SILVA, N.A.P. **Estudo da Biodiversidade Entomológica em um Fragmento de Cerrado da Região de Pirenópolis/GO**. Trabalho de conclusão de curso (Biologia) – Centro Universitário de Brasília – UniCEUB, Brasília, 2006.

SILVA, M.S.C.D.; CORREIA, M.E.F.; SILVA, E.M.R.D.; MADDOCK, J.E.L.; PEREIRA, M.G.; SILVA, C.F.D. Soil fauna communities and soil attributes in the agroforests of Paraty. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 2, p. 180–190, 2016.

SIQUEIRA, O. **Novas espécies de Entomobryoidea (Collembola, Entomobryomorpha) em áreas de caatinga da Chapada Diamantina, nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Sistemática e Evolução) – Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2019.

SOUTO, P.C. **Acumulação e decomposição da serrapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de Caatinga na Paraíba, Brasil**. Tese (Doutorado em agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006.

SOTO-ADAMES, F.N.; BARRA, J.A.; CHRISTIANSEN, K.; JORDANA, R. Suprageneric Classification of the Entomobryomorpha Collembola. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 101(3), p. 501–513, 2008.

SOTO-ADAMES, F.N. Postembryonic development of the dorsal chaetotaxy in *Seira dowlingi* (Collembola, Entomobryidae); with an analysis of the diagnostic and phylogenetic significance of primary chaetotaxy in *Seira*. **Zootaxa**, v. 1683, n. 1, p. 1–31, 2008.

TSCHARNTKE, T.; STEVAN-DEWENTER, I.; KRUESS, A.; THIES, C. Contribution of small habitat fragments to conservation of insect communities of grassland and cropland and scapes. **Ecological Applications**, v. 12, p. 354–363, 2002.

VENABLES, W. N.; RIPLEY, B. D. Random and mixed effects. In: **Modern applied statistics with S**. Springer, New York, NY, p. 271-300, 2002.

VINATIER, F.; TIXIER, P.; DUYCK, P.F.; LESCOURRET, F. Factors and mechanisms explaining spatial heterogeneity: a review of methods for insect populations. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 2, p. 11–22, 2011.

ZEPPELINI, D.; BELLINI, B.C. **Introdução ao estudo dos Collembola**. 1. ed. João Pessoa: Editora Universitária do UFPB, p.82, 2004.

ZEPPELINI, D.; BELLINI, B.C. Checklist dos Collembola (Arthropoda, Hexapoda) do Estado do Mato Grosso do Sul. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 107, 2017.

ZEPPELINI, D.; QUEIROZ, G.C.; BELLINI, B.C. **Collembola. Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil, PNUD, 2022**. Disponível: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/379>. Acessado em 31 de janeiro de 2022.

ZEPPELINI, D.; QUEIROZ, G.C.; ABRANTES, E.A.; BELLINI, B.C.; MEDEIROS, E.S.F.; OLIVEIRA, E.P.; SILVEIRA, T.C.; NEVES, A.C.R.; SOARES A.F.; GODEIRO, N.N.; OLIVEIRA, F.G.L.; SANTOS-ROCHA, I.M.; MENESES, L.F.; MENDONÇA, M.C. Diversity of Collembola (Arthropoda: Hexapoda) across different types of vegetation in Brazil. **International Journal of Biodiversity and Conservation**, v. 5, n. 3, p. 176–184, 2013.

ZHANG, F.; BELLINI, B. C.; SOTO-ADAMES, F. N. New insights into the systematics of Entomobryoidea (Collembola: Entomobryomorpha): First instar chaetotaxy, homology and classification. **Zoological Systematics**, v. 44, n. 4, p. 249-278, 2019.