

**PSOCOPTERA EM CAVERNAS DO  
BRASIL:  
RIQUEZA, COMPOSIÇÃO E DISTRIBUIÇÃO**

**THAÍS OLIVEIRA DO CARMO**

**2009**

**THAÍS OLIVEIRA DO CARMO**

**PSOCOPTERA EM CAVERNAS DO BRASIL:  
RIQUEZA, COMPOSIÇÃO E DISTRIBUIÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Paisagens Fragmentadas e Agroecossistemas, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Rodrigo Lopes Ferreira

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Carmo, Thaís Oliveira do.

Psocoptera em cavernas do Brasil: riqueza, composição e  
distribuição / Thaís Oliveira do Carmo. – Lavras : UFLA, 2009.  
98 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.  
Orientador: Rodrigo Lopes Ferreira.  
Bibliografia.

1. Insetos cavernícolas. 2. Ecologia. 3. Diversidade. 4. Fauna  
cavernícola. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 574.5264

**THAÍS OLIVEIRA DO CARMO**

**PSOCOPTERA EM CAVERNAS DO BRASIL:  
RIQUEZA, COMPOSIÇÃO E DISTRIBUIÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Paisagens Fragmentadas e Agroecossistemas, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 04 de dezembro de 2009

Prof. Dr. Marconi Souza Silva

UNILAVRAS

Prof. Dr. Luís Cláudio Paterno Silveira

UFLA

Prof. Dr. Rodrigo Lopes Ferreira  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL

...Então não vá embora  
Agora que eu posso dizer  
Eu já era o que sou agora  
Mas agora gosto de ser

(Poema Quebrado - Oswaldo Montenegro)

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pois com Ele nada nessa vida é impossível!

Agradeço aos meus pais, Joaquim e Madalena, pela oportunidade e apoio. Sempre ao meu lado, confiando em meu trabalho e me incentivando. E ao meu irmão, Bruno, pelo amor e carinho.

Ao meu orientador, Rodrigo Lopes Ferreira, por ter me apresentado ao fantástico mundo das cavernas e dos psocópteras. Já são 4 anos de ensinamentos, não só na área acadêmica, mas para a vida! Muitas histórias incríveis, risadas...Obrigada por tudo.

Aos professores Dr. Marconi Souza Silva e Dr. Luís Cláudio Paterno Silveira pela participação na banca de qualificação e pelas sugestões.

Ao Dr. Charles Lienhard, da Suíça, que sempre com boa vontade respondeu a todas as minhas dúvidas e ajudou muito nas identificações. Vários resultados dessa dissertação se devem à ajuda que recebi dele.

Agradeço a Ludimilla, pela grande ajuda e disposição na confecção dos mapas que enriqueceram muito essa dissertação.

Ao Prof. Paulo Pompeu, na ajuda com as análises estatísticas.

Aos meus novos colegas do Mestrado em Ecologia.

Ao meu amor, Raphael, que me incentivou muito nesses dois anos. Sempre me apoiando e acreditando no meu trabalho. Se não fosse por você, provavelmente não teria iniciado esse mestrado.

Aos meus velhos amigos, alguns distantes, outros mais próximos, e que deixam minha vida muito mais feliz.

As minhas queridas amigas Eneida, Camila e Nathália. O trio que deixa minhas passagens por BH muito mais interessantes e engraçadas. Já são aproximadamente 10 anos de uma amizade que se iniciou na infância, cresceu, e permanece até hoje.

Aos meus dois raios de sol, Camila e Vivian, que depois de seis anos, muitas reviravoltas, ainda estão muito presentes na minha vida. Desde o início comigo...E espero que seja pra sempre!!

E a todos que de alguma forma me ajudaram na realização desse trabalho.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	i
ABSTRACT .....	ii
1 INTRODUÇÃO .....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	04
2.1 Ordem Psocoptera .....	04
2.2 Ecossistemas cavernícolas .....	12
2.2.1 Características gerais dos sistemas cavernícolas .....	12
2.2.2 Fauna subterrânea .....	16
2.3 Psocópteros em cavernas .....	19
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	25
3.1 Área de estudo .....	25
3.2 Procedimentos .....	28
3.3 Análise de dados .....	29
4 RESULTADOS .....	31
4.1 Psyllipsocidae .....	37
4.2 Ptiloneuridae .....	43
4.3 Liposcelididae .....	44
4.4 Lepidopsocidae .....	46
4.5 Epipsocidae .....	48
4.6 Psocidae .....	50
4.7 Lachesillidae .....	51
4.8 Peripsocidae .....	52
4.9 Prionoglarididae .....	53
4.10 Asiopsocidae, Caeciliusidae, Pachytroctidae e Philotarsidae .....	54

4.11 Cladiopsocidae, Dolabellopsocidae, Ectopsocidae, Myopsocidae, Pseudocaeciliidae, Trichopsocidae e Trogiidae .....	56
4.12 Biomas .....	59
4.13 Litologias .....	61
5 DISCUSSÃO .....	64
6 CONCLUSÕES .....	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	82
ANEXOS .....	89





## RESUMO

CARMO, Thaís Oliveira do. **Psocoptera em cavernas do Brasil: riqueza, composição e distribuição.** 2009. 98 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

A Ordem Psocoptera apresenta ampla distribuição em todo o mundo, porém poucos são os trabalhos que abordam essa ordem, sendo que essas informações são ainda mais escassas no Brasil. Até o momento não existe nenhum trabalho específico que aborde a relação destes insetos com o ambiente cavernícola brasileiro. Portanto, para aumentar o conhecimento acerca dessa ordem, este trabalho relacionou os psocópteros com as cavernas do Brasil. O presente estudo buscou conhecer quais famílias e gêneros de Psocoptera ocorrem em cavernas brasileiras, onde esses insetos são comumente encontrados no interior das cavernas, e se a riqueza é influenciada pela litologia das cavernas ou pelo bioma em que as mesmas estão inseridas. Para tal, foram inventariadas 192 cavernas, em 70 municípios de quinze estados brasileiros, inseridas nos biomas Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica. Foram identificadas 148 espécies, pertencentes a 38 gêneros, distribuídas em 21 famílias. Novos registros de ocorrência para famílias e gêneros da ordem Psocoptera no país e em cavernas foram encontrados nesse trabalho. As famílias Prionoglarididae e Trichopsocidae foram registradas pela primeira vez no Brasil, dezesseis gêneros de outras famílias também tiveram seu primeiro registro no país, e onze famílias e 29 gêneros tiveram seu primeiro relato de ocorrência em cavernas. Além desses novos registros, um novo gênero (pertencente à Prionoglarididae) e 21 novas espécies (pertencentes à Prionoglarididae e Psyllipsocidae) foram encontrados. Esses insetos foram coletados em toda extensão das cavernas, mas a grande maioria foi encontrada nas proximidades das entradas das mesmas, podendo ser importantes componentes das comunidades para-epígeas. A maior parte das coletas ocorreu no bioma Cerrado e em cavernas calcárias. O tipo de rocha formadora da caverna e o bioma onde a mesma está inserida não influenciam na riqueza dos psocópteros encontrados em cavernas do país. Como o presente trabalho é o primeiro a abordar especificamente as famílias e gêneros de Psocoptera associadas aos ambientes cavernícolas brasileiros, muitas das informações apresentadas constituem importantes registros de organismos dessa ordem não só em cavernas brasileiras, mas também no país.

---

\*Comitê Orientador: Rodrigo Lopes Ferreira - UFLA (Orientador), Marconi Souza Silva - UNILAVRAS e Luís Cláudio Paterno Silveira – UFLA

## ABSTRACT

CARMO, Thaís Oliveira do. **Psocoptera in caves of Brasil**: richness, composition and distribution. 2009. 98 p. Dissertation (Master Program in Applied Ecology) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

The Order Psocoptera is widely distributed throughout the world, but there are few studies concerning this order, and such information is still scarce in Brazil. Furthermore, there is no specific work concerning the relations of these insects with the Brazilian cave environment. Therefore, to increase the knowledge about this order, this study aimed to verify which families and genera of Psocoptera are associated to Brazilian caves, where these insects are commonly found inside the caves, and if richness is influenced by the lithology of the caves or the biome in which they are found. For that, 192 caves were sampled in 70 municipalities of fifteen Brazilian states, located in the Caatinga, the Cerrado and Mata Atlântica biomes. A total of 148 species belonging to 38 genera were identified, distributed in 21 families. New records for families and genera of the order Psocoptera in the country and in caves were found in this work. The families Prionoglarididae and Trichopsocidae were recorded for the first time in Brazil. Sixteen genera of other families also had their first record in the country, and eleven genera and 29 families had their first record in caves. Furthermore, a new genus (belonging to Prionoglarididae) and 21 new species (belonging to Prionoglarididae and Psyllipsocidae) were found. These insects were collected in the entire extension of the caves, but most were found near the entrances, which reinforce their importance as components of the para-epigeal communities. Most of the collections occurred in the Cerrado and limestone caves. The type of rock forming the caves and the biome where it is inserted had shown no influence in the richness of psocids found in caves in the country. Since this study is the first concerning the families and genera of Psocoptera associated with cave environments in Brazil, many of the presented information are important records of organisms of this order not only in caves, but also in the country.

---

\*Guidance Committee: Rodrigo Lopes Ferreira - UFLA (Major Professor), Marconi Souza Silva - UNILAVRAS and Luís Cláudio Paterno Silveira - UFLA

## 1 INTRODUÇÃO

Os psocópteros são insetos pequenos, em geral variando de 1 a 10 mm de comprimento, de corpo mole, com antenas longas e filiformes. Normalmente apresentam uma sutura epicranial na cabeça em forma de Y e têm peças bucais mastigadoras. Podem apresentar asas ou não. As formas aladas têm quatro asas membranosas, sendo as anteriores um pouco maiores que as posteriores. Os tarsos podem apresentar dois ou três segmentos. Os genitais externos são difíceis de observar e não apresentam cercos. Sua metamorfose é incompleta, com ovo, ninfa e adulto (Figura 1) (Richards & Davies, 1983).

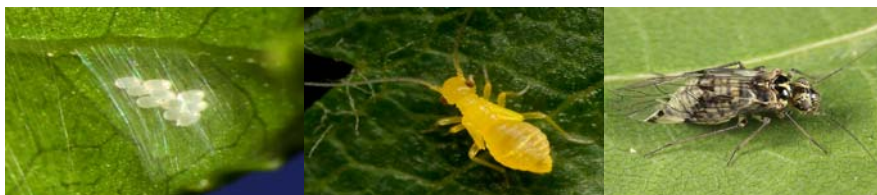


FIGURA 1 – Ovos, ninfa e adulto de Psocoptera (Retirado de [www.bugguide.net](http://www.bugguide.net)).

Os insetos dessa ordem também são chamados de “booklice”, pelo fato de algumas espécies serem encontradas sobre livros e papéis (Borror & DeLong, 1988), e de “barklice”, por apresentarem grande semelhança com os piolhos parasitas (Mockford, 1993; Arnett, 2000). Atualmente, está sendo proposta uma nova classificação para Psocoptera. Lyal (1985), através de estudos baseados em dados morfológicos, concluiu que a Ordem Phthiraptera (piolhos parasitas) está dentro de Psocoptera, tornando Psocoptera parafilético. Várias evidências morfológicas e moleculares comprovaram essa teoria. Sendo assim, uma nova ordem está sendo proposta, Ordem Psocodea (Psocoptera + Phthiraptera), sendo esta monofilética (Lyal, 1985; Johnson et al., 2004; Yoshizawa & Johnson,

2006). Porém, como essa classificação ainda não é universalmente aceita, nessa dissertação continuará sendo utilizado Ordem Psocoptera.

Indivíduos da ordem Psocoptera exibem muitos comportamentos fascinantes, incluindo estridulação, agregação, subsociedade e ninhamento (Yoshizawa, 2002).

Alimentam-se de algas, líquens, fungos e restos orgânicos (animais e vegetais). Geralmente não apresentam grande importância econômica, porém em raras ocasiões podem tornar-se pragas de celeiros, residências, de materiais armazenados e de coleções de insetos (Smithers, 1991; Arnett, 2000). Por serem organismos detritívoros, os psocópteros são importantes por tornarem os recursos da microflora disponíveis para outros grupos de organismos em diferentes teias alimentares (Smithers, 1991). A grande maioria dos psocópteros vive sobre a casca ou folhagem de árvores e arbustos, em afloramentos rochosos, em troncos mortos e em cavernas (Stehr, 1987).

A maioria das cavernas são elementos de um tipo de relevo rochoso denominado carste. Este relevo ocorre em rochas como quartzitos, dolomitos, arenitos e principalmente calcários (Gines & Gines, 1992). A infiltração da água dissolve lentamente essas rochas e esculpe variadas feições internas, gerando diferentes tipos de cavernas. Essa dissolução da rocha cria os condutos ou galerias das cavernas, além de formar os espeleotemas, que são depósitos químicos de diversos formatos (Kohler, 2001).

O ambiente cavernícola (sistema hipógeo) apresenta algumas características peculiares quando comparado a sistemas externos (epígeos). A ausência permanente de luz, a pouca variação da temperatura e a umidade do ar próxima à saturação estão entre as principais características desses ambientes.

Por causa da ausência de luz, nas cavernas não são encontrados organismos fotossintetizantes, que em geral são à base das teias alimentares nos diversos ecossistemas epígeos. Devido a essa característica, o aporte de

nutrientes nas cavernas ocorre de um modo diferenciado. A matéria orgânica é levada para o interior das cavernas de um modo contínuo, através dos rios, ou de forma intermitente, através de enxurradas que ali penetram. Outras fontes de recursos nesses ecossistemas são as fezes ou cadáveres de animais que transitam nesses locais com regularidade. Esses recursos são especialmente importantes nas cavernas permanentemente secas (Ferreira & Martins, 2001).

A disponibilidade dos diferentes tipos de recursos alimentares, o modo como são disseminados e sua distribuição espacial influenciam a composição da fauna cavernícola e a sua diversidade. Como muitos organismos colonizam esse ambiente através de suas entradas, estas também podem influenciar a ocorrência e distribuição de alguns grupos de animais, principalmente invertebrados (Prous et al., 2004).

Em função das características peculiares das cavernas, a fauna que ali vive apresenta diferentes graus de especializações, sendo agrupadas em quatro diferentes categorias: troglóbios (cavernícolas obrigatórios), troglófilos (cavernícolas facultativos), troglóxenos (organismos freqüentes em cavernas, mas que delas devem sair para completar seu ciclo de vida) (Holsinger & Culver, 1988 – modificado do sistema Schinner-Racovitza) e acidentais (não são encontrados normalmente em cavernas).

As cavernas também são habitats para os psocópteros. No mundo, existe registrado até o momento 41 espécies de psocóptera encontradas em cavernas, pertencentes a 13 famílias, sendo que a grande maioria é classificada como troglófila (Lienhard & Smithers, 2002). São frequentemente alados e não são muito adaptados a vida subterrânea. Em cavernas, vivem geralmente perto da entrada e normalmente estão associadas a depósitos de guano (Badonnel & Lienhard, 1994).

Até o momento não existe nenhum trabalho específico que aborde a relação destes insetos com o ambiente cavernícola brasileiro. Registros de

psocópteros aparecem frequentemente na literatura, porém com poucas referências a aspectos de sua biologia. Portanto, o presente trabalho é o primeiro a abordar esse tema no Brasil e tem como principais objetivos: (1) identificar as famílias/gêneros que se distribuem nas cavernas brasileiras; (2) estabelecer a distribuição geográfica; (3) verificar sua distribuição no interior das cavernas; (4) relacionar a riqueza dos psocópteros com a litologia da caverna e; (5) com o bioma em que as cavernas estão inseridas.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### ***2.1 Ordem Psocoptera***

Os psocópteros compreendem insetos pertencentes à subclasse Pterygota. Essa ordem apresenta três subordens: Trogiomorpha, Troctomorpha e Psocomorpha (Smithers, 1972; Lienhard & Smithers, 2002). Várias classificações diferentes são usadas para Psocoptera, e suas principais diferenças estão nos critérios utilizados para dividir a ordem (o número de famílias reconhecidas e o lugar de alguns gêneros) (Mockford, 2005). Atualmente, uma nova organização da ordem está sendo proposta. As ordens Phthiraptera e Psocoptera têm sido tratadas como duas ordens separadas. Mas Lyal (1985), através de estudos baseados em dados morfológicos, posicionou Phthiraptera dentro de Psocoptera, tornando Psocoptera parafilético. Em seus estudos, os piolhos parasitas se posicionaram mais próximos da família Liposcelididae (Psocoptera). Yoshizawa & Johnson (2003) comprovaram esta relação através de estudos moleculares. Os mesmos autores, em um estudo filogenético posterior, encontraram que a subordem Amblycera (Phthiraptera) formou um clado com as famílias Pachytroctidae e Liposcelididae, e separados das outras subordens de piolhos (Yoshizawa & Johnson, 2006). Diante de tais resultados, Yoshizawa & Johnson (2006) propuseram a criação de uma nova ordem, a

ordem Psocodea (Psocoptera + Phthiraptera), recuperando assim a monofilia do grupo. A monofilia de Psocodea é fortemente suportada pela especialização da hipofaringe e por dados moleculares. Eles sugerem o reconhecimento da ordem Psocodea para validar as ordens de insetos que incluem os piolhos de livro, os piolhos de casca de árvore e os piolhos parasitas, possuindo mais de 10 mil espécies descritas (Yoshizawa & Johnson, 2006; Yoshizawa et al. 2006). Como essa classificação ainda não é amplamente difundida, nesse trabalho a ordem continuará sendo tratada como Ordem Psocoptera.

Os insetos da ordem Psocoptera possuem cabeça grande e móvel, com suturas epicraniais distintas (Smithers, 1991). Os olhos compostos são marcadamente convexos e conspícuos, porém, em indivíduos ápteros da família Liposcelididae e em algumas outras famílias são vestigiais e estão reduzidos a dois pequenos grupos de omatídios (Richards & Davies, 1983; Smithers, 1991). As espécies aladas apresentam três ocelos, mas eles não ocorrem nas formas ápteras. Os ocelos estão agrupados em muitas famílias, mas podem estar fortemente separados em outras (Lepidopsocidae). As antenas são longas e filiformes, possuem frequentemente 13 segmentos, mas este número é variável e pode chegar aos 50 (Smithers, 1991).

O labro é bem desenvolvido e unido ao anteclípeo, e o pós-clípeo é um notável esclerito que apresenta freqüentemente um aspecto inchado. As mandíbulas são relativamente grandes, fortes e assimétricas sendo que cada uma delas apresenta uma extensa área molar estriada e uma borda denticulada cortadora (Smithers, 1991). As maxilas são bem modificadas e os palpos maxilares apresentam quatro segmentos e são bem desenvolvidos. A gálea é um lóbulo grande e carnoso em cujo centro existe uma haste muito esclerotizada, o pico, cuja metade basal se funde com a cabeça. Acredita-se que o pico é empregado para desprender o alimento do substrato (Richards & Davies, 1983). Os lóbulos internos ou glossa são representados por um par de estruturas



pequenas que constituem o conduto externo das glândulas labiais (de seda). Os palpos labiais estão reduzidos à condição de um lóbulo simples, ou, mais raramente, com dois segmentos. A hipofaringe apresenta-se bem desenvolvida (Richards & Davies, 1983). A lacínia tem a forma de um cinzel, que é característico da ordem, sempre bem desenvolvida, exceto entre os adultos do gênero *Prionoglaris* (Badonnel & Lienhard, 1994).

O tórax nas formas aladas possui um protórax reduzido, escondido em grande parte entre a cabeça e o mesotórax. O meso e o metatórax são muito similares. Nas formas ápteras e em alguns indivíduos da família Liposcelididae, o protórax, os tergitos e os esternitos do meso e do metatórax, são fusionados. As asas são membranosas, com uma nervação proeminente, embora reduzida, e o par anterior é consideravelmente maior que o par posterior. Ambas frequentemente podem ser reduzidas ou ausentes (Smithers, 1991). A asa anterior apresenta pterostigma, e existe uma redução das ramificações nas nervações principais. Em muitas espécies, existe um pequeno gancho no bordo da asa anterior, próximo a  $Cu_2$ , que se une à costa para acoplar as asas durante o voo. Uma projeção distinta a partir da parte inferior do pterostigma também pode unir à costa quando as asas dobram-se em repouso. Quando não estão sendo usadas, as asas dobram-se horizontalmente ou, mais frequentemente, como um telhado sobre o corpo, com as bordas posteriores em posição elevada (Richards & Davies, 1983).

As pernas não apresentam modificações adaptativas especiais, sendo normalmente delgadas e similares. Uma exceção são indivíduos do gênero *Liposcelis*, que apresentam os fêmures posteriores mais largos (Smithers, 1991). Em muitas espécies, o lado interno de cada coxa posterior apresenta uma estrutura conhecida como órgão de Pearman. É um órgão estridulador e consiste tipicamente em uma proeminência a cerca da qual se encontra uma cutícula fina (Richards & Davies, 1983; Smithers, 1991). O tarso exibe duas unhas entre as

quais apresentam pulvilos de diversas formas, mas não apresentam empódios. Em algumas espécies, o corpo e os apêndices podem ter escamas de formas variadas (Richards & Davies, 1983).

Em geral, o abdome dos psocópteros apresenta 10 segmentos, terminando em um epiprocto dorsal e um par de paraproctos laterais, provavelmente representando o décimo primeiro segmento. Cercos nunca estão presentes (Smithers, 1991). A genitália feminina apresenta um pequeno ovopositor que consiste, quando em seu completo desenvolvimento, em três pares de valvas. Pode ainda ocorrer atrofia de todas as valvas. As genitálias masculinas apresentam-se encerradas pelo nono esternito. Há sete pares de espiráculos torácicos e sete ou oito abdominais (Richards & Davies, 1983).

O sistema nervoso apresenta-se altamente concentrado. Além do cérebro e do gânglio subesofágico, existem somente outros três centros ganglionares. O primeiro deles pertence ao protórax, o segundo é representado pela união dos gânglios meso e metatorácico, e o terceiro é um único gânglio abdominal. Os conectivos são extremamente curtos, mas duplos em toda sua extensão. Dois grandes nervos e suas ramificações do gânglio abdominal servem o abdome, exceto pelo primeiro segmento, que é servido por um pequeno par de nervos (Richards & Davies, 1983; Smithers, 1991).

No aparelho digestivo, o esôfago é largo e se estende por todo abdome. O intestino médio é curvado e em forma de U, e conduz a um intestino posterior muito curto, com seis papilas retais. Apresentam quatro túbulos de Malpighi (Richards & Davies, 1983; Smithers, 1991).

Os psocópteros apresentam dois pares de glândulas que se estendem pelo abdome e cujos condutos se abrem na base do lábio. Um desses pares, normalmente o de posição dorsal, apresenta formas variadas e é composto por células com citoplasma acidófilo, e que em todas as espécies, com raras exceções, secreta seda. Outro par, formado por glândulas longas e tubulares, é

constituído por células basófilas e tem a função de secretar saliva (Richards & Davies, 1983; Smithers, 1991).

Os órgãos reprodutores são relativamente simples. Cada ovário pode ser constituído por três ou cinco ovariolos politróficos. Os ovidutos são muito curtos na parte dorsal da vagina e se abrem em uma espermateca pequena e globular no nono segmento. O sistema reprodutor masculino é constituído por um par de testículos que podem ser simples ou trilobulados, dos quais, graças aos canais deferentes curtos e estreitos, vão para as grandes vesículas seminais. Tais vesículas, constituídas por duas câmaras, são responsáveis pelos materiais de secreção empregados na formação do espermátóforo. As vesículas seminais abrem-se em um curto ducto ejaculador (Richards & Davies, 1983; Smithers, 1991).

Os psocópteros apresentam um comportamento sexual característico. Cada coxa posterior contém um órgão coxal ou de Pearman, que produz um som estridulatório, talvez para ser usado durante a corte. Em fêmeas adultas de Trogiidae, o atrito da parte inferior do ápice do abdome contra o substrato causa grande ruído. O objetivo do ruído ainda não é bem conhecido, mas provavelmente sua função também está relacionada à atração sexual (Arnett, 2000).

Os padrões de corte têm sido observados em algumas espécies. A cópula normalmente é precedida por uma dança nupcial. Em algumas espécies, a fêmea apresenta comportamento ativo de corte, podendo até ser dominante (Smithers, 1991). O cortejamento pode durar até 10 minutos, e a cópula demora de poucos segundos a várias horas, dependendo da espécie. A cópula ocorre através da transferência de espermatozoides em um espermátóforo (Smithers, 1991; Arnett, 2000).

Podem reproduzir sexuada ou assexuadamente. A partenogênese facultativa é frequente e os machos de algumas espécies são desconhecidos

(Richards & Davies, 1983; Garcia Aldrete, 1990; Smithers, 1991), como os de *Psyllipsocus ramburii* Selys-Longchamps, 1872. Pertencentes à família Psyllipsocidae, os machos são desconhecidos e essa espécie provavelmente reproduz-se exclusivamente por partenogênese (Ubick, 2001). Em outras espécies, os machos ocorrem em alguns períodos do ano, mas não em outros. A viviparidade ocorre em *Archipsocopsis* (Archipsocidae). As espécies partenogênicas tendem a ter o habitat mais generalista e alimentarem-se de muitos tipos de vegetação, enquanto as espécies de reprodução sexuada podem ser consideradas especialistas (Smithers, 1991).

O dimorfismo sexual é comum em Psocoptera, podendo ser da genitália externa, no tamanho do olho (machos têm olhos maiores), às vezes no tamanho e na coloração do corpo, e ocasionalmente envolve dimorfismo na asa (um dos sexos é macróptero enquanto o outro pode ser áptero ou micróptero) (Garcia Aldrete, 1990).

As fêmeas, excetuando-se as formas vivíparas, põem de 20 a 100 ovos elipsoidais ou fracamente arredondados nos extremos. Eles são postos isolados ou em grupo, fixados no substrato, e podem ser recobertos com incrustações de fragmentos do ambiente ou por fios de seda (Garcia Aldrete, 1990; Smithers, 1991). A eclosão é auxiliada por um órgão rompedor especial situado na cabeça da cutícula embrionária, e que se perde antes de completar a eclosão (Richards & Davies, 1983). A metamorfose é por paurometabolia, com ovo, ninfa e adulto (Arnett, 2000).

Os jovens são pequenos e possuem abdome amplo, tórax estreito e cabeça grande. Normalmente possuem seis estágios ninfais, mas esse número pode variar principalmente nas espécies polimórficas (Garcia Aldrete, 1990; Smithers, 1991). A duração dos diferentes estágios do ciclo de vida varia inversamente com a temperatura do ambiente em que os psocópteros se desenvolvem (Garcia Aldrete, 1990). As ninfas geralmente são semelhantes aos

adultos, mas sempre têm dois segmentos tarsais, antenas relativamente pequenas, ocelos faltam e segmentos torácicos iguais (Garcia Aldrete, 1990; Smithers, 1991). A asa começa a se desenvolver aparentemente no segundo estágio ninfal, e os rudimentos da genitália externa podem ser visualizados no último estágio (Richards & Davies, 1983; Smithers, 1991). As ninfas, em geral, apresentam comportamento gregário e podem viver sob fios de seda. Quando são perturbadas se dispersam, mas voltam a se juntar depois de cessada a perturbação (Smithers, 1991).

O polimorfismo é bastante comum em algumas famílias, envolvendo principalmente perda ou redução das asas da fêmea, mas podem ocorrer em ambos os sexos. A perda ou redução das asas é frequentemente acompanhada por perda das tricobótria, dos ocelos e do órgão coxal, e retenção do par de cerdas no paraprocto em adultos, indicando que o polimorfismo está associado com o fenômeno da neotenia. O controle do polimorfismo, pelo menos em parte e para algumas espécies, parece ser controlado por fatores ambientais (Smithers, 1991).

Os psocópteros alimentam-se de algas, fungos, líquens e várias formas de fragmentos orgânicos (Stehr, 1987; Garcia Aldrete, 1990; Smithers, 1991). E aí reside a principal importância dessa ordem: esses insetos são importantes na reciclagem de detritos (Arnett, 2000). Acredita-se que indivíduos da espécie *Psyllipsocus ramburii* sejam onívoros (Ubick, 2001). Além disso, esses insetos são frequentemente citados como associados a guano de morcegos (Ferreira et al., 2000; Ferreira & Horta, 2001).

Geralmente não apresentam grande importância econômica, embora algumas espécies associadas a produtos armazenados possam desenvolver enormes populações e causarem prejuízo, mas de um modo geral só têm acesso a produtos mal-acondicionados. Os psocópteros mais comuns em ambientes de armazenamento pertencem à família Liposcelidae, representados pelo gênero

*Liposcelis*. Os psocópteros apresentam maior importância econômica em coleções entomológicas, herbários, bibliotecas e livrarias (Smithers, 1991).

Acredita-se, ainda, que os psocópteros possam contaminar alimentos humanos e possivelmente são causadores de reações asmáticas. Tais contaminações advêm da possibilidade dos psocópteros transportarem materiais externos entre as vilosidades do seu corpo e desta maneira disseminar esporos de fungos (Richards & Davies, 1983). Verificou-se também que certos psocópteros das espécies dos gêneros *Liposcelis* e *Rhyopsocus* podem servir como hospedeiros intermediários de *Thysanostoma ostinioides* Diesing, cestoda parasita de carneiros (Borror & DeLong, 1988; Smithers, 1991; Mockford, 2005).

Os psocópteros são importantes presas de muitos organismos, especialmente aranhas e pseudoescorpiões (Smithers, 1991; Ferreira & Martins, 1999). Além dos já citados predadores, os psocópteros também podem ser predados por larvas de Neuroptera, formigas, percevejos Reduviídeo, vespas, tripes, pequenos pássaros e rãs. Podem ainda ser atacados por parasitas (fungos e nematóides) e ter seus ovos destruídos por parasitóides da ordem Hymenoptera e por predadores da ordem Hemiptera (Smithers, 1991).

Indivíduos da Ordem Psocoptera são encontrados em todas as regiões biogeográficas do mundo. Apresentam aproximadamente 4110 espécies descritas, distribuídas em 33 famílias e 230 gêneros, sendo mais encontrados nas regiões tropicais (Arnett, 2000; Yoshizawa, 2002). Das espécies descritas, aproximadamente 50 ocorrem em habitações humanas ou em grãos armazenados. Podem ser numerosos sob condições ideais de comida abundante e alta umidade relativa (Stehr, 1987). No Brasil, 377 espécies foram registradas, distribuídas em 85 gêneros pertencentes a 29 famílias (Lienhard & Smithers, 2002).

Os psocópteros podem ser encontrados em folhas, galhos ou troncos de árvores e arbustos, sob ou sobre a casca de árvores, em rochas, habitações

humanas ou em produtos armazenados. Algumas espécies ocorrem em vários habitats, mas muitas são confinadas a tipos específicos de vegetação (Stehr, 1987; Arnett, 2000). É possível encontrar ninfas e adultos de psocóptera na serrapilheira, especialmente a vários metros de profundidade (Garcia Aldrete, 1990).

Algumas espécies associam-se com ninhos de pássaros, mamíferos, vespas, formigas e cupins (Garcia Aldrete, 1990). Acredita-se que essa associação de comensalismo (não-parasítica) possa transformar-se em parasítica, em uma associação permanente (Johnson et al., 2004). Apesar de psocópteros e piolhos mastigadores (Mallophaga) serem encontrados juntos em pássaros, são classificados separadamente devido à vida parasitária desse último (Arnett, 2000).

Dentre os inúmeros locais já citados onde se encontram psocópteros, destacam-se as cavernas. Inúmeras referências indicam a presença de psocópteros em diversos substratos e em diferentes regiões do interior de cavernas, sendo que algumas famílias são bastante frequentes, constituindo importante fração da fauna de muitas cavidades (Badonnel & Lienhard, 1994; Cokendolpher & Polyak, 1996; Ferreira & Pompeu, 1997; Ferreira & Martins, 1999; Welbourn, 1999; Ferreira et al., 2000; Ferreira & Horta, 2001; Ubick, 2001; Prous et al., 2004). Desta forma, os ambientes cavernícolas parecem apresentar características favoráveis para a sobrevivência desses organismos.

## ***2.2 Ecosistemas cavernícolas***

### ***2.2.1 Características gerais dos sistemas cavernícolas***

De acordo com o parágrafo único do artigo 1º do Decreto nº 6.640, de 7 de novembro de 2008, cavernas são definidas no Brasil da seguinte forma: “Entende-se por cavidade natural subterrânea todo e qualquer espaço subterrâneo acessível pelo ser humano, com ou sem abertura identificada,

popularmente conhecido como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, furna ou buraco, incluindo seu ambiente, conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontrados e o corpo rochoso onde os mesmos se inserem, desde que tenham sido formados por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou tipo de rocha encaixante”. Estima-se que o potencial espeleológico brasileiro possa superar mais de 100.000 cavernas (Auler et al., 2001). Contudo, atualmente, o Brasil possui cerca de 6.000 cavernas cadastradas, aproximadamente 6% de todo potencial espeleológico (Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas - CECAV, 2009).

A maioria das cavernas forma-se preferencialmente em um complexo de rocha sedimentar denominado “carste”. Esse sistema é caracterizado como um complexo dinâmico em constante modificação, principalmente pela ação da água que atua na formação, na moldagem e na deposição de variadas feições. A gênese e a evolução de uma paisagem cárstica dependem do padrão estrutural, do grau de solubilidade da rocha e da ação de fluxos de água, associadas às características ambientais que determinam o funcionamento geológico e biológico de ambientes subterrâneos (Palmer, 1991). Tal relevo desenvolve-se, principalmente, em rochas mais solúveis, como as de natureza carbonática (por exemplo, calcário e dolomito). Entretanto tal relevo pode se desenvolver também em rochas menos solúveis, como quartzitos, granitos e basalto, dentre outras (Palmer, 1991; Gillieson, 1996; Kohler, 2001).

As feições cársticas são todas as formas de relevos ativamente elaborados, sobretudo pelos processos de corrosão química e de abatimento (Kohler, 2001). Feições pseudocársticas são aquelas em que o processo dominante não é a dissolução da rocha ou processos de abatimentos, mas sim ação mecânica, principalmente da água. Nessas feições, a formação das cavernas ocorre sem a dissolução do mineral, como as cavernas de origem vulcânica, de



depressões fechadas de origem glacial ou de movimentos tectônicos (Gillieson, 1996).

A morfologia cárstica abrange feições destrutivas (de dissolução), compreendendo formas superficiais (exocarste) e formas subterrâneas (endocarste), e feições construtivas, como os chamados espeleotemas, que compreendem quaisquer depósitos químicos formados no interior das cavernas. As formações exocársticas incluem formas como os poliés, dolinas, maciços, torres, mogotes, lapiás e também formas fluviocársticas, tais como vales cegos, sumidouros, ressurgências, vales secos e cânions. Já o endocarste compreende uma considerável quantidade e variedade de cavidades subterrâneas, que se desenvolvem associadas a rochas (Kohler, 2001). Além disso, como compartimento intermediário, encontra-se o epicarste, que corresponde, em geral, a um extenso volume subsuperficial que consiste de uma zona de intercâmbio entre o solo úmido e a rocha. Esse ambiente pode apresentar um sistema heterogêneo de fendas nas quais é retida a água proveniente da chuva por tempos variáveis, formando-se, assim, um aquífero suspenso (Camacho, 1992). Tal aquífero alimenta o gotejamento do teto das cavernas e é responsável, em grande parte, pela formação de espeleotemas (Trajano & Bichuette, 2006).

Os ambientes externos, ou sistemas epígeos, são utilizados como base para a comparação das condições ecológicas prevalentes nos ambientes subterrâneos (sistemas hipógeos). Dessa forma, o meio cavernícola é caracterizado, principalmente, pela ausência permanente de luz, fazendo com que muitas das características bióticas e abióticas desses ambientes sejam influenciadas pela constância desta pressão ambiental. Geralmente, o ambiente físico subterrâneo varia menos que o ambiente epígeo circundante e os parâmetros ambientais caracterizam-se por permanecerem praticamente estáveis na maioria das cavernas, embora existam várias exceções (Poulson & White, 1969; Culver, 1982).

Em cavernas mais extensas, a temperatura é caracterizada por apresentar pouca oscilação nos locais mais distantes da entrada. Os valores da temperatura, geralmente, aproximam-se da média anual do ambiente externo circundante (Barr, 1967). Já em cavernas menores, as variações são mais evidentes, devido à maior influência do ambiente externo. Além disso, o ambiente subterrâneo é caracterizado pela elevada umidade que, muitas vezes, tende a saturação (Poulson & White, 1969). Dessa forma, o meio cavernícola pode ser caracterizado como um ambiente com tendência a elevada estabilidade ambiental, devido a ausência permanente de luz, temperatura e umidade constantes (Poulson & White, 1969; Culver, 1982). Porém, tais condições não são estáticas e podem sofrer alterações ao longo do tempo, dependendo de fatores como dimensão da caverna, localização, morfologia, orientação das entradas, dentre outros.

Tradicionalmente, podem ser distintas três zonas ambientais, caracterizadas pelas diferenças entre luminosidade, temperatura e distribuição dos organismos (Camacho, 1992). São elas:

1. Zona de entrada: é aquela onde a luz incide diretamente e tanto a temperatura quanto a umidade relativa do ar acompanham as variações externas. É a região mais influenciada pelo meio epígeo;
2. Zona de penumbra: há incidência indireta de luz e flutuações menores quando comparadas às da zona de entrada. Sua extensão pode variar de acordo com a época do ano e posição da entrada em relação ao sol;
3. Zona afótica: de total ausência de luz e habitual tendência à estabilidade ambiental.

Segundo Prous e colaboradores (2004), regiões próximas às entradas demonstram gradientes de modificações estruturais, biológicas e físicas, criando uma zona de transição entre os meios epígeos e hipógeos. Dessa forma, a entrada de uma caverna pode ser considerada um ecótono. Essa região localiza-

se em uma zona diferenciada pelo equilíbrio entre a disponibilidade de recursos (característica epígea) e pela estabilidade ambiental (característica hipógea). Tal fato indica que a zona de entrada pode funcionar como um filtro entre dois ambientes adjacentes, permitindo que somente organismos pré-adaptados possam atravessar e colonizar as cavernas.

A ausência permanente de luz solar exclui a possibilidade da ocorrência de produtores fotossintetizantes em locais profundos do meio cavernícola. Dessa forma, a base da produção primária em algumas cavernas é realizada por meios de organismos quimioautotróficos, principalmente bactérias que utilizam ferro ou enxofre (Culver, 1982). Porém, a maior parte da produção nos ecossistemas cavernícolas é de origem secundária e o alimento aportado à caverna é de origem externa. Esse fato faz com que as teias alimentares hipógeas sejam fundamentadas em detritos, havendo o predomínio de organismos decompositores nos sistemas subterrâneos (Souza-Silva, 2003).

O alimento pode chegar ao meio cavernícola por três vias principais (Culver, 1982): pela água, através do vento ou carreado por animais. Fezes ou cadáveres de animais que transitam nas cavernas com certa regularidade ou dos que entram ali casualmente, assim como a presença de raízes vegetais, podem ser também importantes fontes de recursos alimentares, tanto para as comunidades terrestres como para as aquáticas. O tipo, a qualidade e a forma de disseminação dos recursos no sistema são determinantes da composição e da abundância da fauna (Ferreira, 2004).

### 2.2.2 *Fauna subterrânea*

Invertebrados, especialmente os artrópodes, constituem-se na maioria de todos os organismos encontrados em cavernas (Welbourn, 1999).

Vários critérios têm sido utilizados para a classificação dos organismos cavernícolas em função de suas características peculiares. Desde a primeira classificação, atribuída a Dane Schödte, em 1848, inúmeras propostas e

redefinições de termos foram feitas na tentativa de enquadrar a fauna cavernícola em categorias distintas (Camacho, 1992). Uma das classificações mais utilizadas é a do sistema Schinner-Racovitza (Holsinger & Culver, 1988). De acordo com este sistema, os organismos encontrados nas cavernas são classificados em três categorias principais de acordo com a relação ecológico-evolutiva que esses organismos apresentam com as cavernas:

1. Troglóxenos: são os organismos regularmente encontrados nas cavernas, mas que, obrigatoriamente, delas têm que sair para completar seu ciclo de vida. Geralmente ocorrem nas proximidades da entrada, mas suas populações podem, eventualmente, ocorrer em porções mais interiores. Esses organismos são os principais importadores de matéria orgânica em cavernas permanentemente secas, depositada na forma de fezes ou cadáveres;

2. Troglófilos: são os cavernícolas facultativos, sendo capazes de completar seus ciclos de vida tanto no interior das cavernas quanto no sistema externo. Nos sistemas epígeos, geralmente são encontrados em habitats similares aos prevalentes nos sistemas hipógeos (úmidos e sombreados), como fendas escuras, troncos de árvores e serrapilheira;

3. Troglóbios: restringem-se ao ambiente cavernícola, e frequentemente exibem especializações morfológicas, fisiológicas e no comportamento, provavelmente adquiridos durante seu isolamento ambiental e genético; essas especializações devem ter evoluído em resposta a pressões seletivas presentes nesse tipo de ambiente e/ou em função da ausência de pressões seletivas típicas do meio externo. Esses organismos apresentam uma tendência à redução da taxa metabólica basal, das estruturas oculares, da pigmentação e ao alongamento de apêndices, principalmente daqueles com função sensorial.

Os animais troglóbios podem apresentar várias especializações relacionadas ao ambiente cavernícola, que resultam de um conjunto de processos

biológicos lentos e contínuos genericamente conhecidos como “evolução regressiva”. Porém, algumas dessas características morfológicas consideradas “regressivas” (como a redução/ausência de olhos) podem estar relacionadas com o habitat do solo de muitos animais encontrados em cavernas, e não necessariamente com o habitat cavernícola (Zeppelini Filho et al., 2003).

Embora o sistema de Shinner-Racovitza contemple somente três categorias (baseadas no grau de especializações dos organismos às cavernas, como já citado) existe uma quarta categoria de organismos que podem ser encontrados nestes ambientes. Tais organismos, denominados acidentais, compreendem espécies que normalmente não são encontradas em cavernas, mas que acidentalmente penetram nestes ambientes (por quedas em entradas verticais, ou ainda veiculadas pela água ou vento). Esses organismos, embora não consistam de seres efetivamente cavernícolas, podem ser encontrados em muitos sistemas. Além disso, apresentam uma importância ecológica nítida, uma vez que suas fezes, e principalmente seus cadáveres, servem de alimento para outros organismos presentes em cavernas.

Populações de organismos de diferentes espécies presentes em cavernas, provenientes de categorias evolutivas distintas, agrupam-se constituindo comunidades distintas (embora interativas, em maior ou menor grau). Tais comunidades podem ser aquáticas ou terrestres. As aquáticas associam-se a lençóis freáticos ou cursos d’água, e tendem a se distribuir por todo o volume de água, desde que existam nutrientes (Ferreira & Martins, 2001).

As comunidades terrestres são enquadradas com base na área de ocupação e na mobilidade das espécies que as compõem. A distribuição dos indivíduos no ambiente hipógeo pode ser influenciada por diversos fatores, como a distância da entrada até o interior, sendo que o fator mais preponderante seja possivelmente a disponibilidade de recursos alimentares (Ferreira & Pompeu, 1997).

Segundo Ferreira & Martins (2001) e Prous e colaboradores (2004), as comunidades terrestres cavernícolas podem ser categorizadas de acordo com a sua distribuição no ambiente cavernícola:

1. Comunidades para-epígeas: são compostas por espécies que vivem de preferência junto às entradas da caverna. São comuns espécies que vivem dentro ou fora das cavernas, pois a entrada é uma área de transição entre os dois ambientes.

2. Comunidades recurso-espaco-dependentes: apresentam espécies que vivem em áreas internas, mas apenas onde há recursos. Incluem em geral pequenos organismos de mobilidade limitada, incapazes de percorrer periodicamente grandes extensões atrás de alimento.

3. Comunidades recurso-espaco-independentes: são formadas por organismos capazes de se deslocar por grandes espaços em busca de alimento. São constituídas por organismos maiores, sendo que a maioria dos invertebrados encontrados em cavernas faz parte dessa comunidade. Esses animais são atraídos por grandes depósitos de recursos, mas não se limitam àqueles locais onde existem recursos.

Invertebrados pertencentes a vários grupos taxonômicos podem ser encontrados em cavernas. A maioria deles consiste de espécies pré-adaptadas às condições prevalentes em sistemas subterrâneos. Sendo assim, grupos que possuam preferências por habitats úmidos, sombreados e possuam dieta generalista são potencialmente aptos a colonizarem e se estabelecerem em cavernas. Dentre os inúmeros grupos de invertebrados que possuem tais características, destacam-se várias famílias de psocópteros.

### ***2.3 Psocópteros em cavernas***

No mundo, existem registrado até o momento 41 espécies de psocóptera encontradas em cavernas, pertencentes a treze famílias. As famílias com o maior

número de espécies são Liposcelididae e Psyllipsocidae, ambas com nove espécies (Lienhard & Smithers, 2002).

A maioria dos psocópteros normalmente encontrados em cavernas é classificada como troglófila (Badonnel & Lienhard, 1994; Ferreira et al., 2000; Lienhard & Smithers, 2002). São frequentemente alados e não são muito adaptados à vida subterrânea. Quando encontrados em cavernas, geralmente vivem perto da entrada (Badonnel & Lienhard, 1994; Lienhard & Smithers, 2002). Porém, há inúmeros relatos de espécimes de psocópteros que já foram encontrados em áreas totalmente escuras nas cavernas (Cokendolpher & Polyak, 1996; Lienhard, 2000).

De acordo com Badonnel & Lienhard (1994), quatro famílias apresentam espécies de psocópteros consideradas troglóbias: três da subordem Trogiomorpha (Prionoglarididae, Psyllipsocidae e Lepidopsocidae) e a quarta, Amphientomidae, da subordem Troctomorpha. São distribuídas principalmente na Europa, Norte da África, Austrália, América do Norte e América Central.

A família Prionoglarididae apresenta espécies consideradas muito raras de serem encontradas, e a maioria dessas espécies vivem predominantemente em cavernas ou habitats similares, como no interior de escombros rochosos ou sob rochas (Badonnel & Lienhard, 1994; Lienhard, 2007). Dos cinco gêneros conhecidos até o momento para a família, quatro apresentam espécies que vivem em cavernas, mas provavelmente poucas espécies habitam exclusivamente os ambientes subterrâneos, pois a maioria é completamente alada, bem pigmentada, possuem ocelos e seus olhos compostos são bem desenvolvidos (Lienhard, 2000).

É dessa família o primeiro relato de psocóptera considerado troglóbio. Foi o de *Prionoglaris stygia* Enderlein, 1909 que apresenta como caracteres troglomórficos o alongamento das antenas (que provavelmente facilita a orientação no escuro) e a especialização da hipofaringe (possibilitando a

utilização do vapor d'água proveniente da atmosfera, especialização essa comum em outros psocópteros). Organismos desta espécie já foram encontrados sob rochas no ambiente externo. Sua distribuição abrange França, Bélgica, Alemanha, Marrocos, Portugal, Grécia, Turquia, países da antiga Iugoslávia e Suíça. Mesmo sendo amplamente distribuída, *P. stygia* é muito raramente encontrada. Outra espécie do gênero, *Prionoglaris dactyloides* Lienhard, 1988, também já foi encontrada em cavernas e sob rochas na Grécia, e é classificada como troglófila. No gênero *Speleketor* Gurney, 1943, que apresenta três espécies, apenas a espécie *Speleketor flocki* Gurney, 1943 é considerada troglóbia. Foi encontrada em cavernas do Arizona e Nevada, nos Estados Unidos (Badonnel & Lienhard, 1994). Das três espécies do gênero *Sensitibilla* Lienhard, 2000, as espécies *Sensitibilla strinatii* Lienhard, 2000 e *Sensitibilla roessingensis* Lienhard, 2007 foram encontradas em cavernas da Namíbia. *S. strinatii* foi coletado no final de uma grande galeria, a 120 m da entrada, sob rochas em uma zona completamente escura. Do gênero *Afrotroglia* Lienhard, 2007, que também apresenta três espécies, duas foram coletadas apenas em cavernas. *Afrotroglia oryx* Lienhard, 2007 foi coletada em caverna da África do Sul e *Afrotroglia fabella* Lienhard, 2007 foi coletada em caverna da Namíbia (Lienhard, 2000, 2007).

Ainda sobre a família Prionoglarididae, todas as espécies dos gêneros *Sensitibilla* e *Speleketor* são conhecidas apenas nas regiões desérticas, e ambas apresentam tricobótria nas pernas, casos únicos em Psocoptera. Nos psocópteros, os tricobótria são cerdas muito longas, extremamente suaves e filiformes (Lienhard, 2000). Os tricobótria são conhecidos em aracnídeos, sendo que em aranhas são estimulados por correntes de ar e vibrações de baixa frequência do ar (som) (Foelix, 1996). Provavelmente sua função é a mesma nos psocópteros, podendo ser interpretados como adaptação a vida na caverna, ainda que somente uma das três espécies de *Speleketor* conhecida seja cavernícola. Os tricobótria



podem também ter uma função importante em um contexto mais geral da vida sob condições do clima no deserto, pois com estas cerdas sensoriais estes animais podem “ouvir” seus predadores, conseguindo assim evitar a predação (Lienhard, 2000).

Para a família Psyllipsocidae, existem várias espécies descritas como troglóbias. A espécie *Nymphopsocus troglodytes* Enderlein, 1909, encontrada na gruta Mont de Chac, França, apresenta como características adaptativas para o ambiente cavernícola a despigmentação, a redução dos olhos, a ausência de ocelos e as asas são rudimentares, incolores e com nervuras reduzidas. Dessa espécie só se conhece as fêmeas, provavelmente por se reproduzirem por partenogênese. Atualmente, *N. troglodytes* é considerada como uma forma de *Psyllipsocus ramburii* Selys-Longchamps, 1872 adaptada para a vida subterrânea. Porém, *P. ramburii* é amplamente distribuída e também é encontrada em cavernas do mundo todo. As espécies *Psyllipsocus batuensis* Thornton, 1962 e *Psyllipsocus hirsutus* Thornton, 1962 foram encontrados em Batu Caves, Malásia, a aproximadamente 800 m da entrada principal da caverna, porém não apresentaram caracteres evidentes de adaptação a vida subterrânea. *Psyllipsocus orghidani* Badonnel, 1977 e *Psyllipsocus decui* Badonnel, 1977 foram encontrados em cavernas de Cuba (a primeira espécie em Cueva de la Cantera e Cueva de la Virgen e a segunda em Cueva Oscura). Dessas espécies, foram encontrados ninfas e adultos, indicando que o ciclo de desenvolvimento ocorre inteiramente no interior da caverna, sendo que a característica morfológica mais significativa como adaptação a vida subterrânea foi a pouca coloração. Outra espécie do gênero, *Psyllipsocus dubius* Badonnel, 1987, foi encontrado na Cueva del Tunel, na Venezuela, porém outros indivíduos dessa espécie também foram encontrados fora da caverna. Essa espécie apresenta como características adaptativas à caverna a despigmentação, a total ausência de asas, ausência de ocelos, olhos reduzidos e não salientes. Essa espécie se

distingue de *P. ramburii* por ser totalmente áptera. Já *Psyllipsocus yucatan* Gurney, 1943 foi encontrado na Xtoloc Cenote Cave, México, sendo que adultos e larvas foram encontrados em guano de morcego. Ambos os sexos são macrópteros, com pouca coloração e morfologicamente são muito próximos da espécie partenogenética *P. ramburii* (Badonnel & Lienhard, 1994).

Da família Lepidopsocidae, a primeira espécie das três que já encontradas em caverna foi *Parasoa haphoneura* Thornton, 1962. Foi encontrada em Batu Caves, na Malásia, a apenas 50 m da entrada. Não apresenta nenhuma característica adaptativa à vida subterrânea, e indivíduos dessa espécie também foram encontrados no ambiente epígeo, em uma ilha vulcânica de Singapura, sendo por isso considerada uma espécie troglófila (Badonnel & Lienhard, 1994).

Já para a família Amphientomidae, a espécie *Amphientomum aelleni*, encontrada na gruta Kila-Tari, no Congo, é a única da família já encontrada em cavernas. Apresenta como prováveis características troglomórficas o corpo quase totalmente incolor (exceto a cabeça) e olhos reduzidos, não salientes (Badonnel & Lienhard, 1994).

Poucos psocópteros verdadeiramente troglóbios são conhecidos no mundo. Entre eles destaca-se *Sphaeropsocopsis myrtleae* Lienhard, 1999, da família Sphaeropsocidae. Esse é o primeiro e único caso de psocóptera conhecido que apresenta redução completa dos olhos compostos. Foi coletado na Ilha de Santa Helena, em um tubo de lava (Rupert's Battery Cave), em uma região de penumbra, em escombros rochosos próximos à parede da caverna. Além da ausência dos olhos e ocelos, essa espécie também apresenta como caracteres troglomórficos a despigmentação do corpo (nunca se tinha observado com tal extensão em outras espécies do gênero), asas anteriores reduzidas (cobrindo apenas metade do abdome), asas posteriores ausentes e pernas relativamente longas. Um único espécime foi coletado, e este apresentava as

antenas e os palpos maxilares quebrados, não sendo possível saber se a deficiência ótica pode ser eventualmente compensada com órgãos tácteis, como antenas longas e palpos com cerdas particularmente bem desenvolvidas (Lienhard & Ashmole, 1999).

Outro psocóptero classificado como troglóbio é o *Troglotroctes ashmoleorum* Lienhard (1996). É o único troglóbio conhecido da família Liposcelididae, apresentando olhos muito reduzidos (normalmente com três omatídeos), ausência de asas e com pernas e antenas particularmente alongadas (Lienhard, 1996). Foi encontrado em cavernas e tubos de lavas, tanto no interior como na zona de entrada, na Ilha de Assunção (Ashmole & Ashmole, 1997).

Populações da Ordem Psocoptera que vivem em cavernas normalmente são encontradas associadas a depósitos de guano. No entanto, diferentemente de muitos troglófilos, estes insetos são encontrados preferencialmente em matéria orgânica seca nas cavernas (Cokendolpher & Polyak, 1996). Os psocópteros, portanto, preferem depósitos velhos, raramente são encontrados em guano fresco e, aparentemente, não mostram preferência por tipos específicos de guano. Além do guano, esses insetos são encontrados também em uma variedade de outros substratos orgânicos, como fezes de roedores (sempre “velhas”), como observado em cavernas do Vale do Rio Peruaçu (norte de Minas Gerais) (Ferreira & Martins, 1999). Também são encontrados em pequenos depósitos de fragmentos orgânicos que são lavados para dentro das cavernas ou carregados por ratos (Cokendolpher & Polyak, 1996).

Ainda não existe nenhum registro de psocóptera troglóbio no Brasil. As informações relativas aos psocópteros no país correspondem apenas a relatos de ocorrência. As famílias que já apresentam relatos são Psyllipsocidae, Lepidopsocidae, Trogiidae, Liposcelididae e Pseudocaeciliidae. Esses estudos indicaram a presença de psocópteros nos seguintes estados: Bahia, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Pará, Paraná, São Paulo (Pinto-da-Rocha, 1995;

Ferreira & Martins, 1999; Ferreira et al., 2000; Ferreira & Horta, 2001; Ferreira, 2004; Prous et al., 2004). Portanto, o presente trabalho vem para contribuir com o melhor conhecimento dessa ordem e da associação de suas espécies a habitats subterrâneos no país.

Para tanto, o presente trabalho tem como objetivo responder às seguintes questões:

1. Quais famílias e gêneros são encontrados em cavernas brasileiras e qual a distribuição geográfica mínima de cada taxa?
2. Existem diferenças na distribuição de insetos da Ordem Psocoptera no interior das cavernas?
3. Existem diferenças na distribuição de insetos da Ordem Psocoptera nas diferentes litologias às quais se associam as cavernas?
4. Existem diferenças na distribuição de insetos da Ordem Psocoptera nos diferentes biomas onde as cavernas se inserem?

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### ***3.1 Área de estudo***

O presente trabalho abrangeu um total de 192 cavernas amostradas durante os últimos dez anos em diferentes projetos de pesquisa. Essas cavernas estão distribuídas em 70 municípios presentes em 15 estados brasileiros (Anexo A). Tais cavernas estão associadas a diferentes litologias que compreendem rochas carbonáticas (calcário, dolomito, calcarenito, mármore), ferruginosas (minério de ferro), siliciclásticas (quartzito e arenito) e magmático-metamórficas (gnaisse e granito).

Foram inventariadas nesse trabalho cavernas das cinco regiões do Brasil, englobando os biomas do Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga.

O segundo maior bioma brasileiro, o Cerrado está localizado em uma grande área do Brasil Central. Por fazer fronteira com outros importantes biomas (a Amazônia ao norte, a Caatinga a nordeste, o Pantanal a sudoeste e a Mata Atlântica a sudeste), a fauna e a flora do Cerrado são extremamente ricas (Conservação Internacional, 2009). Cobria 25% do território nacional com um pouco mais de dois milhões Km<sup>2</sup> de extensão, espalhando-se por 10 estados (World Wildlife Fund - WWF, 2009). Entretanto, devido a sua localização, sofre alta pressão antrópica, sendo que atualmente restam apenas 20% de sua vegetação nativa. Essa pressão ocorre principalmente devido à expansão da atividade agropecuária. Na região existem mais de 10.000 espécies vegetais, uma grande variedade de vertebrados terrestres e aquáticos e um elevado número de invertebrados (Conservação Internacional, 2009).

O Cerrado é uma savana tropical que apresenta diferentes fisionomias, que vão desde o cerradão (com árvores altas, densidade maior e composição distinta), passando pelo cerrado mais comum no Brasil Central (com árvores baixas e esparsas), até o campo cerrado, campo sujo e campo limpo (com progressiva redução da densidade arbórea). Ao longo dos rios há fisionomias florestais, conhecidas como florestas de galeria ou matas ciliares. A região é cortada pelas três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Tocantins, São Francisco e Prata). Seu clima é tropical, com duas estações climáticas distintas (seca e chuvosa). O solo é antigo e profundo, ácido e com baixa fertilidade, apresentando também altos níveis de ferro e alumínio. A topografia da região varia entre plana e suavemente ondulada, favorecendo a agricultura mecanizada e a irrigação. É considerado um “hotspot”, por ser um bioma muito rico e ameaçado (WWF, 2009). Depois da Mata Atlântica, é o ecossistema brasileiro que sofreu maiores alterações com a ocupação humana (Conservação Internacional, 2009; WWF, 2009).

A Mata Atlântica, o bioma mais rico em biodiversidade do planeta, ocupava originalmente 1.360.000 Km<sup>2</sup> do território nacional (aproximadamente 15% do Brasil), estendendo-se por toda a costa nordeste, sudeste e sul do país, englobando 17 estados e abrangendo as bacias dos rios Paraná, Uruguai, Paraíba do Sul, Doce, Jequitinhonha e São Francisco. Hoje ela está reduzida a menos de 8% de sua extensão original, em áreas dispersas e fragmentadas (Conservação Internacional, 2009; SOS Mata Atlântica, 2009; WWF, 2009). Composta de uma grande variedade de formações vegetais, a Mata Atlântica é um mosaico de vegetação, formada pelas Florestas Ombrófila Densa, Ombrófila Mista (Mata de Araucária), Estacional Decidual, Estacional Semidecidual, e os ecossistemas associados, como manguezais, restingas, brejos interioranos, campos de altitude e ilhas costeiras e oceânicas (Conservação Internacional, 2009; SOS Mata Atlântica, 2009). Apresenta clima tropical, com variações de acordo com a latitude, e seu solo é profundo e argiloso (SOS Mata Atlântica, 2009). É a quinta área mais ameaçada e rica em espécies endêmicas do mundo, sendo também considerada um “hotspot” (Conservação Internacional, 2009). Apesar da devastação acentuada, o bioma ainda possui uma parcela significativa de diversidade biológica do Brasil, de riqueza extraordinária e alto grau de endemismo. Em alguns trechos remanescentes de floresta, os níveis de biodiversidade são considerados os maiores do planeta (Conservação Internacional, 2009; WWF, 2009).

Ocupando quase 10% do território nacional, com 736.833 km<sup>2</sup>, a Caatinga abrange os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Sergipe, Alagoas, Bahia, sul e leste do Piauí e norte de Minas Gerais, sendo o único bioma exclusivamente brasileiro (Conservação Internacional, 2009; WWF, 2009). Isso significa que o patrimônio biológico desse bioma não é encontrado em nenhum outro lugar do planeta além do Nordeste do Brasil. A Caatinga tem sido sempre colocada em segundo plano

quando se discutem políticas para o estudo e conservação da biodiversidade brasileira (Conservação Internacional, 2009). Essa região apresenta clima semi-árido e solo raso e pedregoso, embora relativamente fértil. É rico em recursos genéticos, dada a sua alta biodiversidade e por incluir pelo menos uma centena de diferentes tipos de paisagens únicas (Conservação Internacional, 2009; WWF, 2009). No período das chuvas, o índice pluviométrico varia entre 300 e 800 milímetros anualmente. Apresenta três estratos: arbóreo (8 a 12 m), arbustivo (de 2 a 5 m) e herbáceo (abaixo de 2 m). A vegetação apresenta modificações para a sobrevivência nesse ambiente seco, como estruturas para armazenar água e raízes superficiais para melhor absorverem a água da chuva (WWF, 2009).

### ***3.2 Procedimentos***

As coletas foram realizadas entre maio de 1999 e julho de 2009, sendo que os exemplares foram coletados em diversos projetos realizados durante esse período. Essas amostras fazem parte de um banco de dados sobre fauna cavernícola, com parceria da UFLA – UFMG, apoio CECAV, CNPq e Fapemig. Os exemplares estão depositados na coleção de Invertebrados Subterrâneos da Universidade Federal de Lavras.

Foram realizadas coletas manuais, com o auxílio de pinças, pincéis e lupa, e coletas com armadilhas do tipo “pitfall” com solução salina saturada, contendo iscas de fígado em decomposição. Os espécimes foram separados em morfótipos, plotados em croquis de cada cavidade e fixados em álcool a 70 % para posterior identificação. Para facilitar a plotagem dos organismos nos croquis esquemáticos de cada cavidade, as cavernas foram divididas em 10 setores, cada setor correspondendo a 10% da extensão total de cada cavidade.

Após as coletas e separação dos espécimes em morfótipos, a identificação dos organismos até gênero foi realizada utilizando-se a chave de

identificação *Keys to the Families and Genera of Psocoptera (Arthropoda: Insecta)*, de Smithers (1990). Essa chave não permite a identificação de formas imaturas de psocópteros. Portanto, as ninfas desses insetos não foram consideradas nesse estudo (com exceção das formas imaturas de *Psyllipsocus ramburii*, identificados pelo especialista Charles Lienhard). Após a identificação até o nível genérico, esses indivíduos foram separados em morfoespécies. As identificações foram realizadas no Laboratório de Zoologia/Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras, com o auxílio de lupa e microscópio.

Como várias famílias de Psocoptera são polimórficas, os caracteres morfológicos da genitália externa foram os mais utilizados para separar os espécimes em morfoespécies. Além da genitália externa, caracteres como o tipo de nervação das asas, padrão de coloração do corpo, tamanho e posição dos olhos e ocelos também foram utilizados. Como dito anteriormente, o método utilizado para separar os indivíduos foi o da separação em morfótipos, sendo que nos resultados, indivíduos com morfologias distintas serão considerados como espécies diferentes.

Os espécimes das famílias Psyllipsocidae e Prionoglarididae foram enviados ao especialista Dr. Charles Lienhard, do Geneva Natural History Museum, Genebra, Suíça, que nos auxiliou na identificação e está descrevendo as novas espécies encontradas.

### **3.3 Análise de dados**

Para comparar os dados obtidos no presente trabalho com outros registros da ordem no país e em ambientes subterrâneos, utilizou-se as referências de Lienhard & Smithers (2002) e Garcia Aldrete & Mockford (2009) para as ocorrências no Brasil, e para as ocorrências em cavernas do mundo, as seguintes referências: Pinto-da-Rocha (1995), Ferreira & Martins (1999),



Ferreira et al. (2000), Ferreira & Horta (2001), Lienhard (2002), Zeppelini et al. (2003) e Prous et al. (2004). Com essas comparações, foi possível identificar os primeiros registros de famílias e gêneros de Psocoptera no Brasil e em cavernas do mundo.

Para estabelecer a distribuição geográfica das famílias/gêneros de Psocoptera no Brasil, foi utilizado o software ArcGIS®. O ArcGIS® é um conjunto de softwares que são usados para criar, importar, editar, buscar, mapear, analisar e publicar informações geográficas. Como o Brasil ainda não está amplamente amostrado e a distribuição desses insetos pode ser maior, será utilizada nesse trabalho a terminologia “Distribuição Mínima”, para indicar a distribuição geográfica encontrada das famílias/gêneros dessa ordem no Brasil. Acredita-se, desta forma, que novos estudos, especialmente aqueles realizados em áreas ainda não inventariadas do ponto de vista bioespeleológico, poderão ampliar consideravelmente a distribuição de muitas famílias e gêneros.

Como as coletas dos psocópteros não foram realizadas com o objetivo específico para esse trabalho, mas sim para vários trabalhos conduzidos durante esse período, a identificação do local onde os psocópteros foram coletados foi feita através de anotações de campo. Cada coletor, em cada saída de campo, anotou onde os psocópteros foram encontrados, dentre os vários invertebrados coletados. Assim, ao final das análises, foi possível identificar em qual local da cavidade esses insetos estão mais comumente associados.

Apesar do mesmo método de coleta (que incluía a plotagem dos invertebrados) ter sido realizado na maioria dos projetos, em alguns casos as coletas foram realizadas seguindo outras metodologias. Nestes casos, tais informações não foram acessadas. Desta forma, as informações obtidas para alguns indivíduos foram extrapoladas para o restante dos indivíduos de uma mesma família. Reitera-se, no entanto, que foram raros os casos onde não existiam informações concernentes aos locais de coleta no interior das cavernas.

Para relacionar a riqueza de psocópteros nas cavernas de diferentes litologias e inseridas em biomas diferentes, utilizou-se o número médio de espécies, usando o somatório de toda riqueza acumulada dividida pelo número de cavernas de cada litologia ou de cada bioma. O teste de Qui-Quadrado (com 5% de probabilidade) foi utilizado para testar se existe ou não uma associação preferencial de psocópteros a cavernas de uma determinada litologia ou de determinado bioma onde as mesmas estão inseridas. Essas análises estatísticas foram feitas utilizando-se o software BioEstat 5.0. Para a confecção dos gráficos que relacionam a riqueza com as litologias e com os biomas abrangidos nesse estudo, utilizou-se o software Statistica<sup>®</sup>. Foi realizada também uma análise qualitativa para descobrir se existe similaridade entre as espécies das diferentes litologias e dos diferentes biomas. Essa análise de similaridade foi feita utilizando o Índice de Horn, que produziu um dendograma que nos permitiu comparar essas similaridades. Essas análises foram feitas utilizando o software PAST.

#### **4 RESULTADOS**

Foram identificadas 148 espécies, pertencentes a 38 gêneros, distribuídas em 21 famílias, das três subordens: Trogiomorpha (Lepidopsocidae, Prionoglarididae, Psyllipsocidae, Trogiidae), Psocomorpha (Asiopsocidae, Caeciliusidae, Cladiopsocidae, Dolabellopsocidae, Ectopsocidae, Epipsocidae, Lachesillidae, Myopsocidae, Peripsocidae, Philotarsidae, Pseudocaeciliidae, Psocidae, Ptiloneuridae, Trichopsocidae) e Troctomorpha (Amphientomidae, Liposcelididae, Pachytroctidae) (Tabela 1).

TABELA 1 Lista de gêneros da ordem Psocoptera encontrados em cavernas do Brasil.

<b>Ordem Psocoptera</b>	<b>Nº de Espécies</b>
Subordem Trogiomorpha	
Infraordem Atropetae	
Lepidopsocidae	
<i>Lepidopsocus</i> sp. Enderlein, 1903 * #	3
<i>Lepium</i> sp. Enderlein, 1906 * #	3
<i>Nepticulomima</i> sp. Enderlein, 1906 *	7
<i>Oxyopsocus</i> sp. * #	2
<i>Perientomum</i> sp. Hagen, 1865 #	1
<i>Proentomum</i> sp. Badonnel, 1949 *	1
<i>Scolopama</i> sp. Enderlein, 1906 * #	1
<i>Thylacella</i> sp. Enderlein, 1911 * #	2
Trogiidae	
<i>Cerobasis</i> sp. Kolbe, 1882 *	1
Infraordem Psocathropetae	
Prionoglarididae #	
Gênero Novo *	3 §
Psyllipsocidae	
<i>Psocathropos lachlani</i> Ribaga, 1899	1
<i>Psocathropos</i> sp. Ribaga, 1899	5 §
<i>Psyllipsocus ramburii</i> Selys-Longchamps, 1872 #	1
<i>Psyllipsocus yucatan</i> Gurney, 1943	1
<i>Psyllipsocus</i> sp. Selys-Longchamps, 1872	28 §
Subordem Troctomorpha	
Infraordem Amphientometae	
Amphientomidae	4
Infraordem Nanopsocetae	
Liposcelididae	
<i>Belaphotroctes</i> sp. Roesler, 1943	1
<i>Liposcelis</i> sp. Motschulsky, 1852	22

“...continua...”

“TABELA 1, Cont.”

Pachytroctidae	
<i>Tapinella</i> sp. Enderlein, 1908	3
Subordem Psocomorpha	
Infraordem Epipsocetae	
Cladiopsocidae	
<i>Spurostigma</i> sp. Eertmoed, 1973 #	2
Dolabellopsocidae *	
<i>Dolabellopsocus</i> sp. Eertmoed, 1973 *	1
Epipsocidae	
<i>Epipsocopsis</i> sp. Badonnel, 1955 * #	1
<i>Epipsocus</i> sp. Hagen, 1966 *	5
<i>Hinduipsocus</i> sp. Badonnel, 1981 * #	2
<i>Mesepipsocus</i> sp. Badonnel, 1969	1
Ptiloneuridae *	
<i>Euplocania</i> sp. Enderlein, 1910 *	9
<i>Ptiloneura</i> sp. Enderlein, 1900 *	14
<i>Ptiloneuropsis</i> sp. Roesler, 1940 *	1
<i>Triplocania</i> sp. Roesler, 1940 *	2
Infraordem Caeciliusetae	
Asiopsocidae *	
<i>Notiopsocus</i> sp. Banks, 1913 *	2
Caeciliusidae *	
<i>Caecilius</i> sp. Curtis, 1837 *	1
<i>Fuelleborniella</i> sp. Enderlein, 1902 * #	1
Infraordem Homilopsocidea	
Ectopsocidae	
<i>Ectopsocus</i> sp. McLachlan, 1899	1
Lachesillidae *	
<i>Eolachesilla</i> sp. Badonnel, 1967 * #	3
Peripsocidae *	
<i>Peripsocus</i> sp. Hagen, 1866 *	3

“...continua...”

“TABELA 1, Cont.”

Philotarsidae *	
<i>Latrobiella</i> sp. Thornton, 1981 * #	1
<i>Philotarsus</i> sp. Kolbe, 1880 * #	1
Pseudocaeciliidae *	
<i>Mesocaecilius</i> sp. Okamoto, 1910 * #	1
Trichopsocidae * #	
<i>Trichopsocus</i> sp. Kolbe, 1882 * #	1
Infraordem Psocetae	
Myopsocidae *	
<i>Lichenomima</i> sp. Enderlein, 1910 *	1
Psocidae *	
<i>Pearmania</i> sp. Badonnel, 1946 * #	3
<i>Psococerastis</i> sp. Pearman, 1932 *	1

---

\* Indica o primeiro registro do táxon em cavernas (no mundo).

# Indica o primeiro registro do táxon no Brasil.

§ Indica o registro de espécies novas.

As famílias com maior riqueza foram Psyllipsocidae, com 36 espécies, Ptiloneuridae com 26, Liposcelididae com 23 e Lepidopsocidae com 20 espécies. As famílias Ectopsocidae, Dolabellopsocidae, Myopsocidae, Pseudocaeceiliidae, Trichopsocidae e Trogiidae foram as que apresentaram a menor riqueza, cada uma apresentando apenas uma espécie (Figura 2).

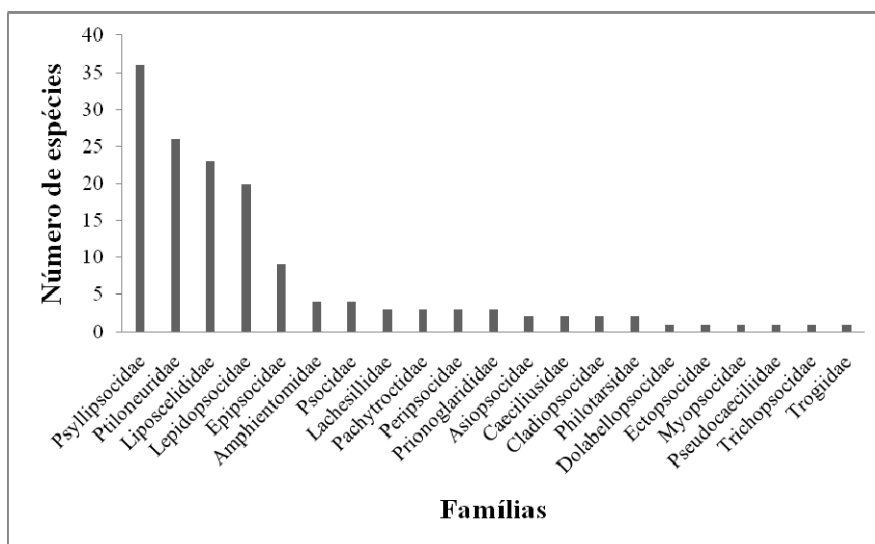


FIGURA 2 Número de espécies de cada família.

O presente trabalho apresenta como distribuição mínima da ordem Psocoptera em cavernas os estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e Tocantins (Figura 3).

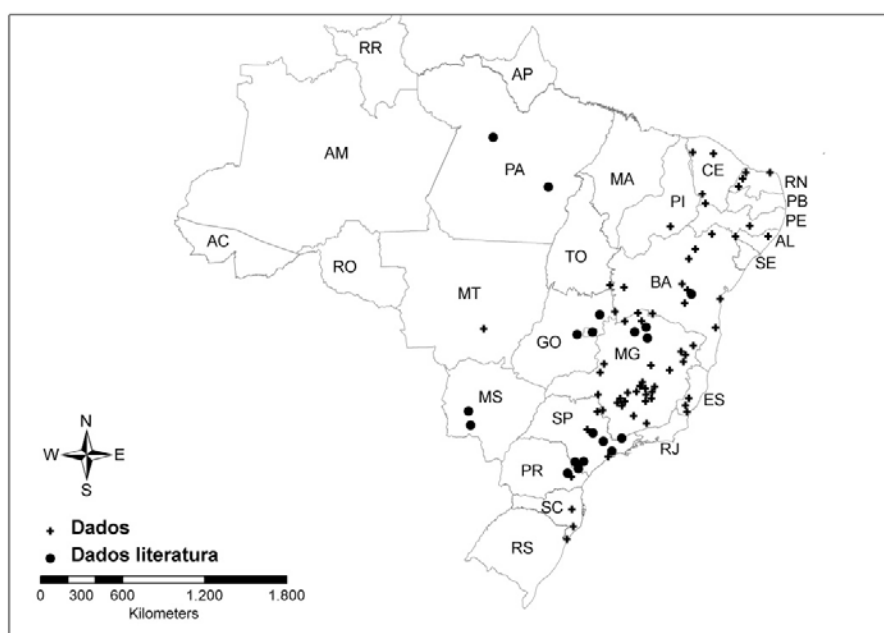


FIGURA 3 Distribuição mínima da ordem Psocoptera em cavernas do Brasil.

Vários novos registros de ocorrência para famílias e gêneros da ordem Psocoptera no país e em cavernas foram encontrados no presente trabalho. Duas famílias (Prionoglarididae e Trichopsocidae) foram, pela primeira vez, registradas no Brasil. Outros dezesseis gêneros também tiveram seu primeiro registro no país. Onze famílias e 29 gêneros tiveram seu primeiro relato de ocorrência em cavernas.

Além desses novos registros, um gênero novo (pertencente à Prionoglarididae) e 21 novas espécies (pertencentes à Prionoglarididae e Psyllipsocidae) foram encontrados. A descrição desses novos psocópteros está sendo feita pelo especialista Dr. Charles Lienhard, da Suíça.

Agora serão apresentadas as informações obtidas acerca das famílias identificadas separadamente.

#### ***4.1 Psyllipsocidae***

Psocópteros dessa família, juntamente com os Prionoglarididae, foram enviados para o especialista Dr. Charles Lienhard, entre abril de 2008 e abril de 2009. Por isso, essa família possui identificações até o nível específico. Alguns espécimes foram coletados após esse período de envio, por isso foram classificados em morfoespécies, como os outros indivíduos desse estudo.

Foram coletados dois gêneros (*Psocathropos* e *Psyllipsocus*), três espécies (*Psocathropos lachlani*, *Psyllipsocus ramburii* e *Psyllipsocus yucatan*) e 33 morfoespécies dos dois gêneros já citados (Tabela 1). Do gênero *Psocathropos*, foi identificada uma nova espécie, e de *Psyllipsocus*, dezessete novas espécies, sendo que essas novas espécies estão sendo descritas pelo Dr. Charles Lienhard. As espécies *Psocathropos lachlani* e *Psyllipsocus yucatan* já foram coletadas no Brasil anteriormente. As três espécies coletadas nesse trabalho já foram coletadas em cavernas de outras regiões do mundo.



Essa foi a família mais amplamente distribuída, não tendo sido observado indivíduo dessa família somente no estado de Santa Catarina (Figura 4). Tendo em vista sua ampla distribuição, os mapas de distribuição mínima foram divididos, sendo um para as espécies de *Psyllipsocus*, um para as prováveis ninfas de *Psyllipsocus ramburii*, outro para as novas espécies de *Psyllipsocus* e um mapa para o gênero *Psocathropos*.

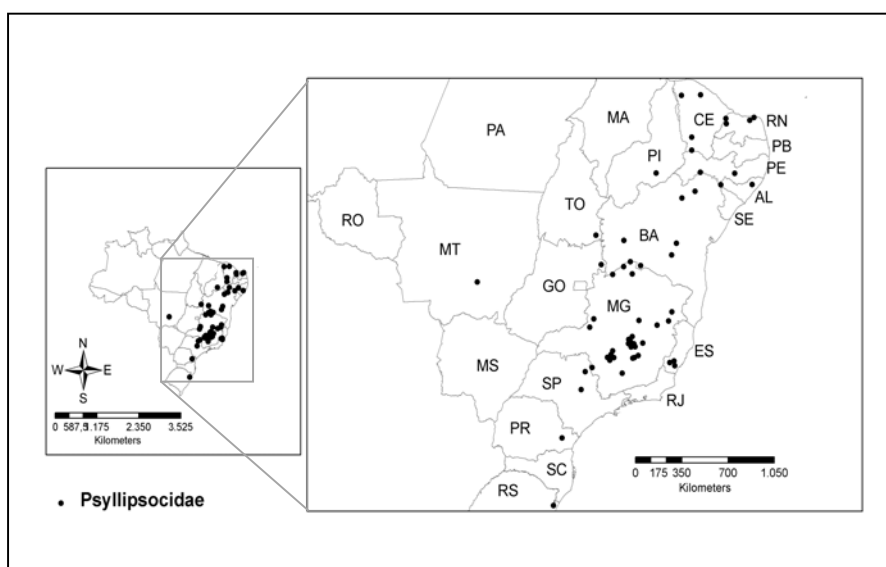


FIGURA 4 Distribuição mínima da família Psyllipsocidae no Brasil.

O mapa de distribuição mínima do gênero *Psyllipsocus* englobou as duas espécies identificadas e as morfoespécies identificadas nesse trabalho. Esse é o primeiro registro da espécie *Psyllipsocus ramburii* no Brasil. Foram encontrados indivíduos desse gênero em Alagoas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul e São Paulo (Figura 5).

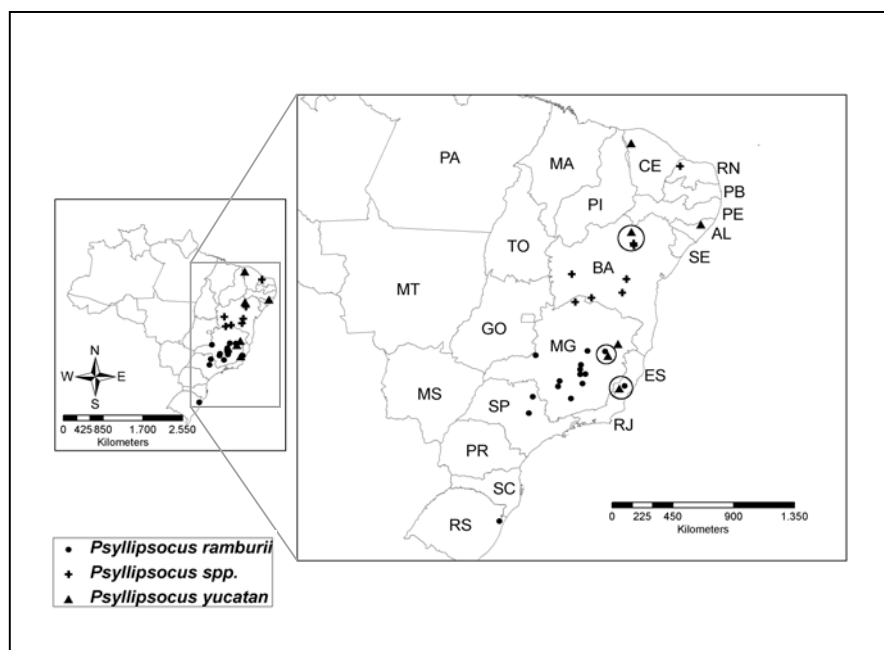


FIGURA 5 Distribuição mínima do gênero *Psyllipsocus* no Brasil. Os símbolos no interior do mesmo círculo correspondem à ocorrência em um mesmo município.

A família Psyllipsocidae possui espécies altamente polimórficas e algumas amostras enviadas para Lienhard continham apenas ninfas não-identificáveis de indivíduos dessa família. Lienhard classificou essas amostras como muito provavelmente pertencentes à forma micróptera de *P. ramburii*, o que foi adotado como identificação neste trabalho. A distribuição mínima das ninfas dessa espécie abrangeu os estados do Espírito Santo, Minas Gerais, Paraná e Rio Grande do Norte (Figura 6).

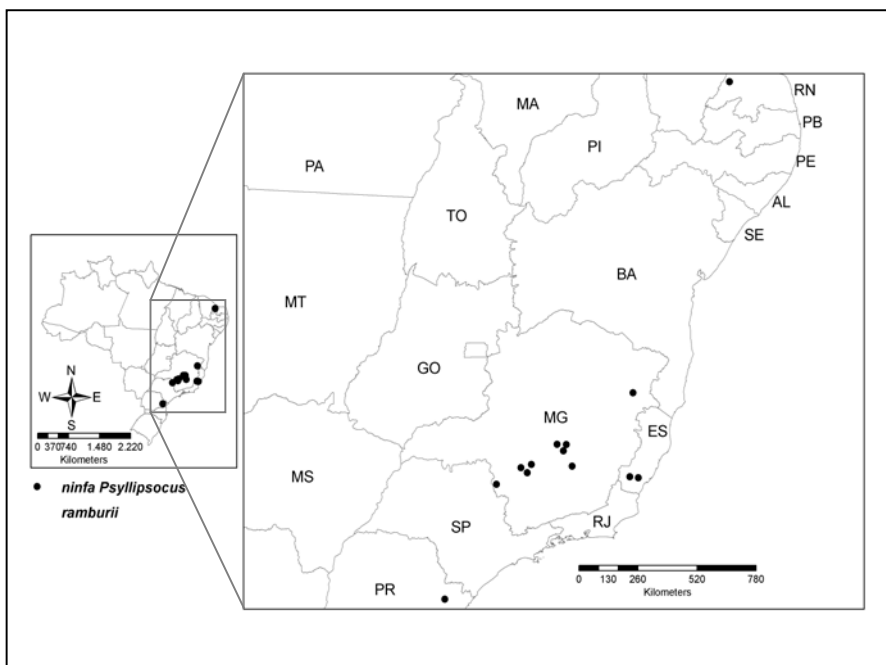


FIGURA 6 Distribuição mínima das ninfas da espécie *Psyllipsocus ramburii* no Brasil.

As dezessete novas espécies de *Psyllipsocus* apresentaram uma ampla distribuição, porém não ocorreram em estados do sul do país (Figura 7). A espécie *Psyllipsocus* sp. n. N foi identificada por Lienhard como próxima a *Psyllipsocus chamela* Garcia Aldrete, 1984, conhecida do México. As novas espécies D, C1, C2, C3, B, E, J, K, L, Q, R e S formam provavelmente uma subdivisão monofilética de *Psyllipsocus*, ou talvez um novo gênero (Lienhard, com. pessoal abr. 2009). Porém, estudos mais detalhados são necessários para a conclusão da real identificação e posição desses indivíduos.

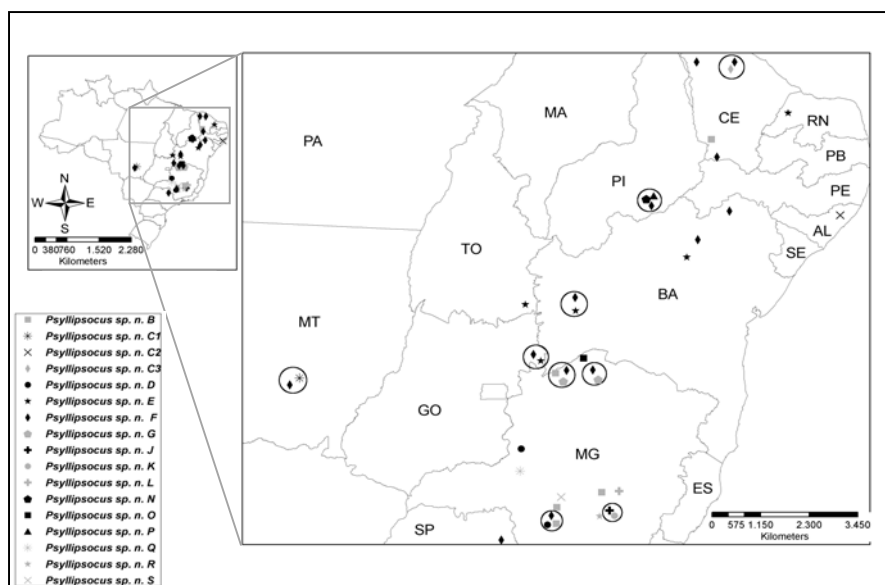


FIGURA 7 Distribuição mínima das novas espécies do gênero *Psyllipsocus* no Brasil. Os símbolos no interior do mesmo círculo correspondem à ocorrência em um mesmo município.

O gênero *Psocathropos* apresenta como distribuição mínima os estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Minas Gerais, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e São Paulo (Figura 8). A espécie nova desse gênero foi identificada por Lienhard como muito próxima a *Psocathropos lachlani*, e foi encontrada apenas na região Nordeste (Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte).

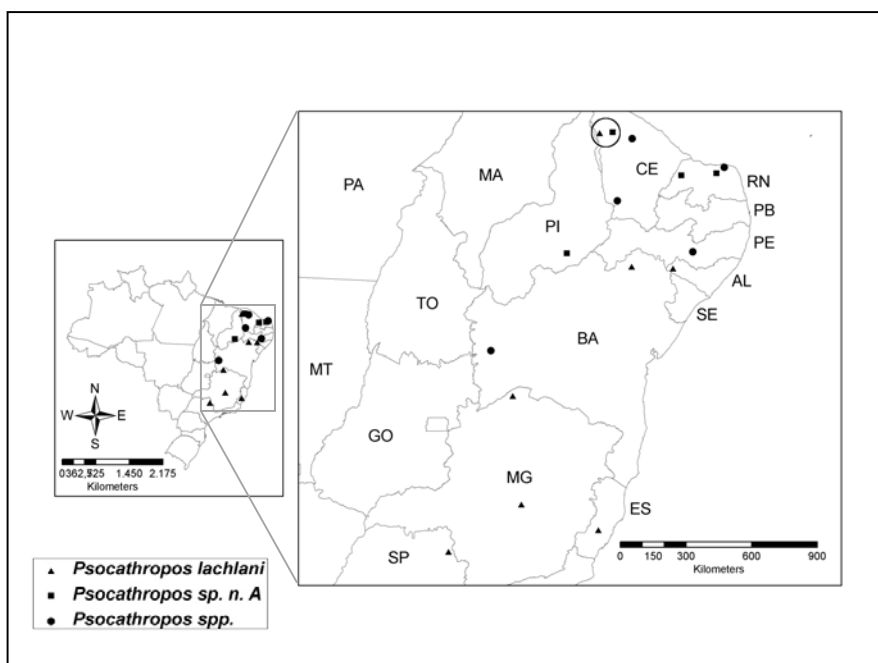


FIGURA 8 Distribuição mínima do gênero *Psocathropos* no Brasil. Os símbolos no interior do mesmo círculo correspondem à ocorrência em um mesmo município.

A família Psyllipsocidae foi encontrada em cavernas de todas as litologias do presente estudo, exceto em cavidades calcareníticas. Essa foi a única família encontrada em cavernas formadas por gnaiss e mármore. Foram encontrados psocópteros dessa família em todos os três biomas analisados no estudo, e também na área de transição dos mesmos.

Essa família é amplamente distribuída no interior das cavernas. Indivíduos foram coletados em todas as regiões das cavernas estudadas. Além disso, muitos organismos preferenciam substratos orgânicos, principalmente guano de morcegos. Nestes casos, podem formar populações numerosas em alguns depósitos, principalmente naqueles mais velhos e ressequidos.

#### **4.2 Ptiloneuridae**

Essa foi a família com a segunda maior riqueza, com 26 espécies distribuídas em quatro gêneros (*Euplocania*, *Ptiloneura*, *Ptiloneurosis* e *Triplocania*). O gênero *Ptiloneura* apresentou o maior número de espécies, com catorze identificadas (Tabela 1). Dos quatro gêneros identificados no presente trabalho, a ocorrência de *Ptiloneura* no país é pela primeira vez registrada. Também é desse trabalho o primeiro registro dessa família em cavernas.

A distribuição mínima desses psocópteros abrangeu os estados da Bahia, Espírito Santo, Mato Grosso, Minas Gerais e São Paulo (Figura 9).

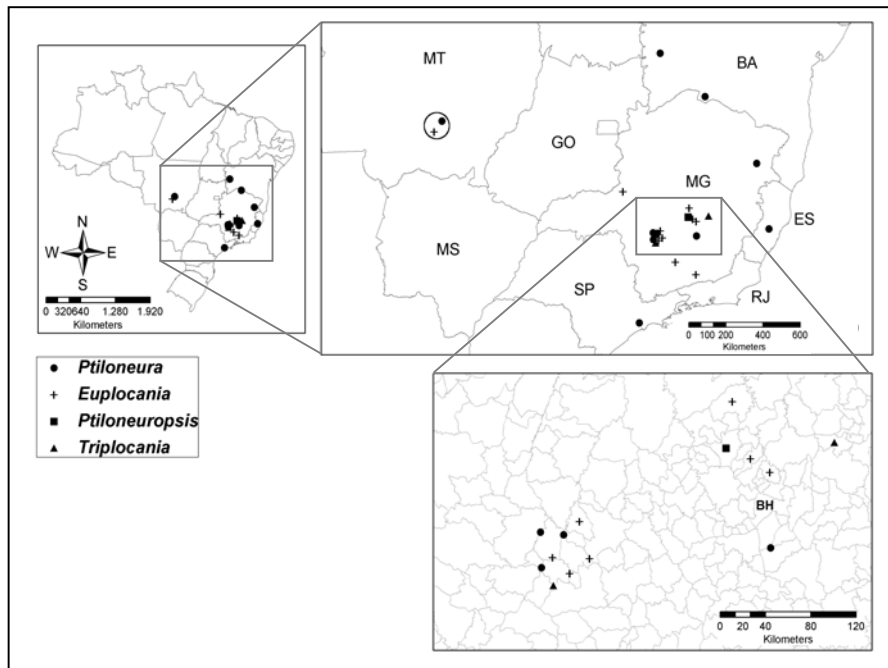


FIGURA 9 Distribuição mínima da família Ptiloneuridae no Brasil. Os símbolos no interior do mesmo círculo correspondem à ocorrência em um mesmo município.

As cavernas em que foram coletados estão nos três biomas contemplados nesse estudo, além da região de transição do Cerrado com a Mata Atlântica. As cavidades nas quais foram encontrados possuíam as litologias arenítica, calcária, granítica, ferruginosa e quartzítica. No entanto, a grande maioria das cavernas onde os indivíduos dessa família foram coletados é calcária, sendo apenas uma ferruginosa. Foram coletados em todos os setores do interior das cavernas, com maior ocorrência para a região da entrada.

#### 4.3 Liposcelididae

Foram identificadas 23 espécies da família Liposcelididae, pertencentes a dois gêneros. Apenas uma espécie do gênero *Belaphotroctes* foi encontrada. Todas as demais espécies (22 espécies) pertencem ao gênero *Liposcelis* (Tabela

1). Esses dois gêneros encontrados no presente trabalho já foram coletados anteriormente no país e também em cavernas.

Foram coletados indivíduos dessa família em cavernas de sete estados brasileiros (Bahia, Ceará, Goiás, Minas Gerais, Pernambuco, Piauí e Rio Grande do Norte) (Figura 10). As cavidades apresentam litologia arenítica, calcária e dolomítica, e inserem-se nos biomas Caatinga e Cerrado, e também na transição entre esses dois biomas. A grande maioria das cavernas em que esses psocópteros foram coletados estava inserida na Caatinga. Esses indivíduos foram coletados em toda a extensão da cavidade, mas pode-se observar que são mais frequentemente encontrados associados a depósitos de guano.

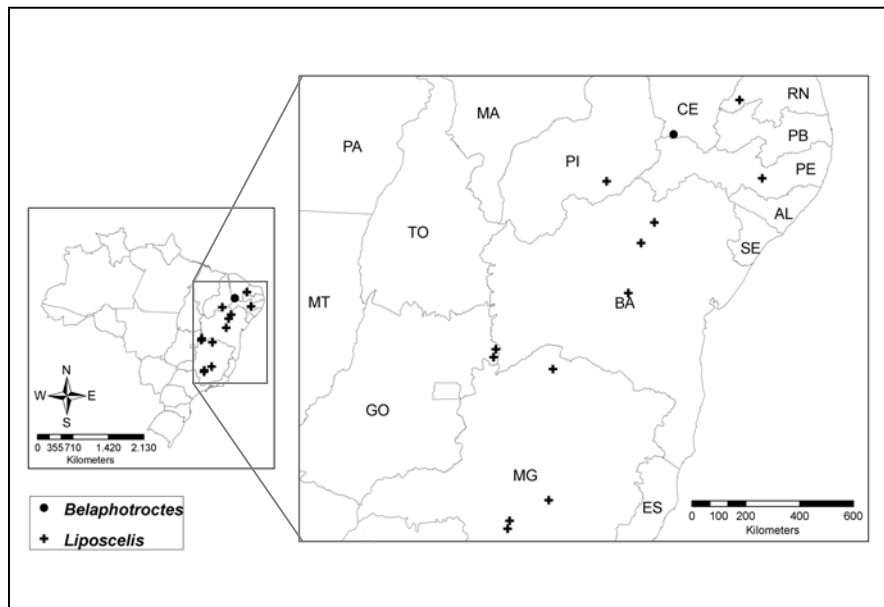


FIGURA 10 Distribuição mínima da família Liposcelidae no Brasil.



#### ***4.4 Lepidopsocidae***

Essa família apresentou oito gêneros e vinte espécies (Tabela 1). O gênero *Nepticulomima*, com sete espécies, foi o que apresentou a maior riqueza. Lepidopsocidae tem treze espécies catalogadas, pertencentes a cinco gêneros, de ocorrência no Brasil. O presente estudo identificou o primeiro registro de ocorrência de seis gêneros, pois apenas os gêneros *Nepticulomima* e *Proentomum* já haviam sido encontrados no Brasil. Em ecossistemas cavernícolas, já foram registradas três espécies, pertencentes a três gêneros. Nesse estudo, aumentou-se para dez o número de gêneros associados a cavernas, pois mais sete gêneros foram adicionados a essa lista. Apenas o gênero *Perientomum*, encontrado nesse trabalho, já havia sido registrado em ambientes cavernícolas.

A distribuição mínima da família abrange os estados da Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, Paraná, Pernambuco, São Paulo e Santa Catarina (Figura 11).

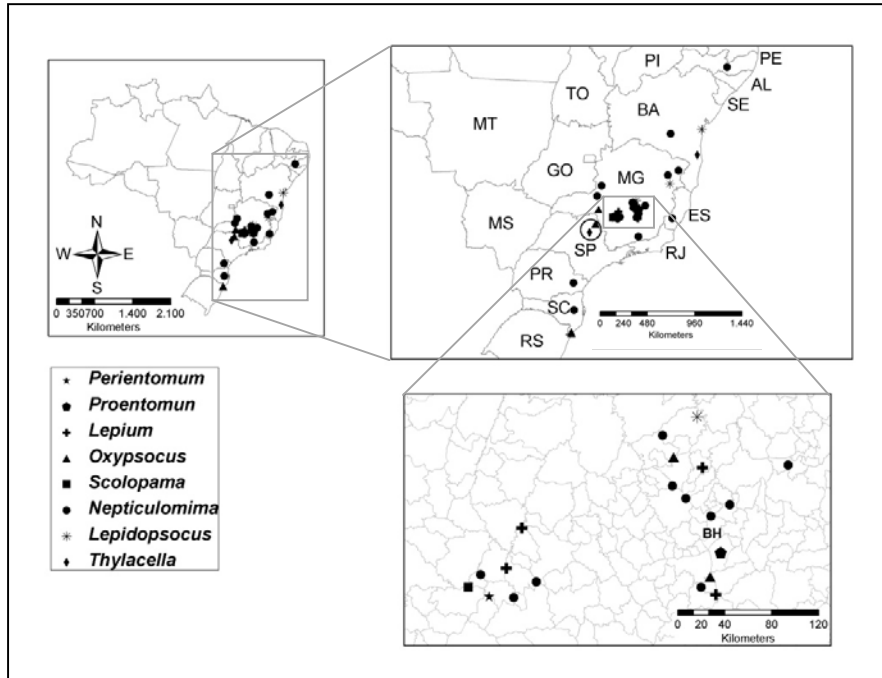


FIGURA 11 Distribuição mínima da família Lepidopsocidae no Brasil. Os símbolos no interior do mesmo círculo correspondem à ocorrência em um mesmo município.

Os indivíduos da família Lepidopsocidae foram coletados em cavernas das seguintes litologias: arenito, calcarenito, calcário, dolomito, granito, minério de ferro e quartzito. Essa foi a única família coletada em caverna calcarenítica. Encontrou-se psocópteros dessa família nos três biomas analisados nesse estudo, além da transição entre Cerrado/Mata Atlântica.

Foram encontrados indivíduos dessa família em toda a extensão da caverna, apesar de serem mais comuns na região da entrada (aproximadamente 33% das ocorrências). Tais organismos preferem as paredes das cavernas, tendo sido raramente observados no piso. Em nenhum caso foram encontrados associados diretamente a depósitos de guano.

#### 4.5 Epipsocidae

Da família Epipsocidae foram identificados nove espécies pertencentes aos gêneros *Epipsocopsis*, *Epipsocus*, *Hinduipsocus* e *Mesepipsocus* (Tabela 1). O gênero *Epipsocus* foi o que apresentou a maior riqueza, com cinco espécies. Já existe registro dessa família no Brasil, porém o presente trabalho registrou a primeira ocorrência de dois gêneros, *Hinduipsocus* e *Epipsocopsis*. Em relação às cavernas, também já há registro dessa família, mas esse trabalho aumentou o número de gêneros encontrados nesses ecossistemas, com o primeiro registro de mais três gêneros (*Epipsocus*, *Hinduipsocus* e *Epipsocopsis*).

Psocópteros dessa família foram coletados em cavernas nos estados de Alagoas, Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais e São Paulo (Figura 12).

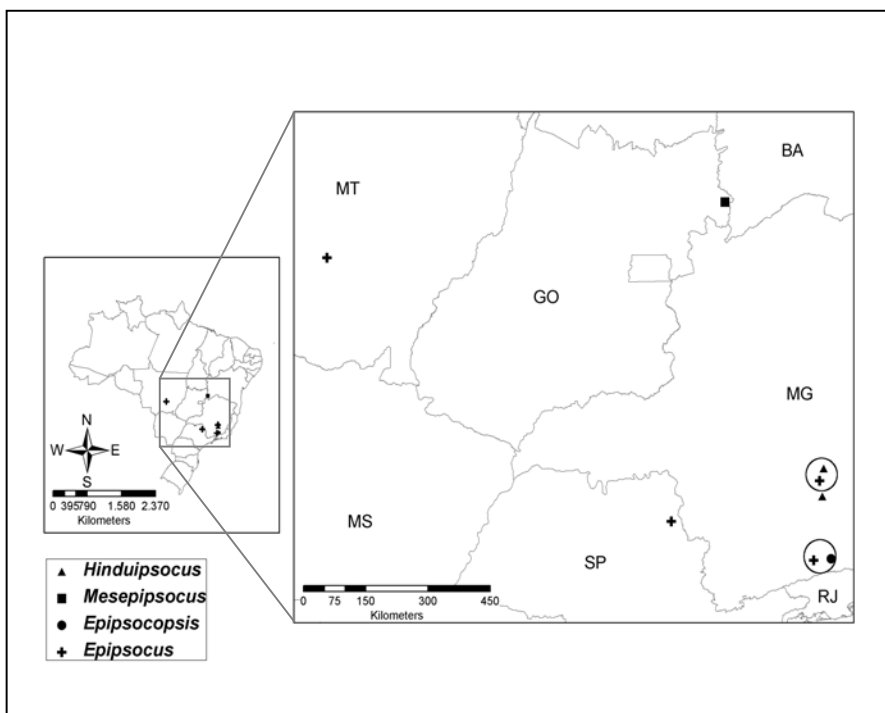


FIGURA 12 Distribuição mínima da família Epipsocidae no Brasil. Os símbolos no interior do mesmo círculo correspondem à ocorrência em um mesmo município.

As cavernas em que foram coletados estão inseridas nos biomas do Cerrado e Mata Atlântica, como também na zona de transição entre esses dois biomas. As litologias dessas cavidades foram arenito, calcário, granito, minério de ferro e quartzito. É interessante observar que essa família só foi coletada em apenas uma caverna calcária, já que é dessa litologia a grande maioria das cavernas inventariadas. A família Epipsocidae foi encontrada em catorze cavidades, sendo que metade delas é formada a partir de minério de ferro. Alguns indivíduos do gênero *Epipsocus* foram encontrados nas regiões mais interiores das cavernas, mas a grande maioria dos indivíduos coletados estava na entrada das cavidades.

#### 4.6 Psocidae

Foram coletadas quatro espécies dessa família, pertencentes aos gêneros *Pearmania* e *Psococerastis* (Tabela 1). No presente trabalho registrou-se a primeira ocorrência do gênero *Pearmania* no país. E foi desse gênero o maior número de espécies encontradas dessa família. Das quatro espécies indenticadas, três são pertencentes ao gênero *Pearmania*. Também é desse trabalho o primeiro registro da família Psocidae em habitats cavernícolas. Os indivíduos dessa família só foram coletados no estado de Minas Gerais, na área dos municípios de Arcos, Pains e Doresópolis (Figura 13). A região desses municípios é conhecida por apresentar um grande número de cavernas. Essas cavidades estão inseridas no Cerrado e são todas calcárias. A distribuição desses psocópteros abrangeu todo o interior das cavernas onde foram coletados.

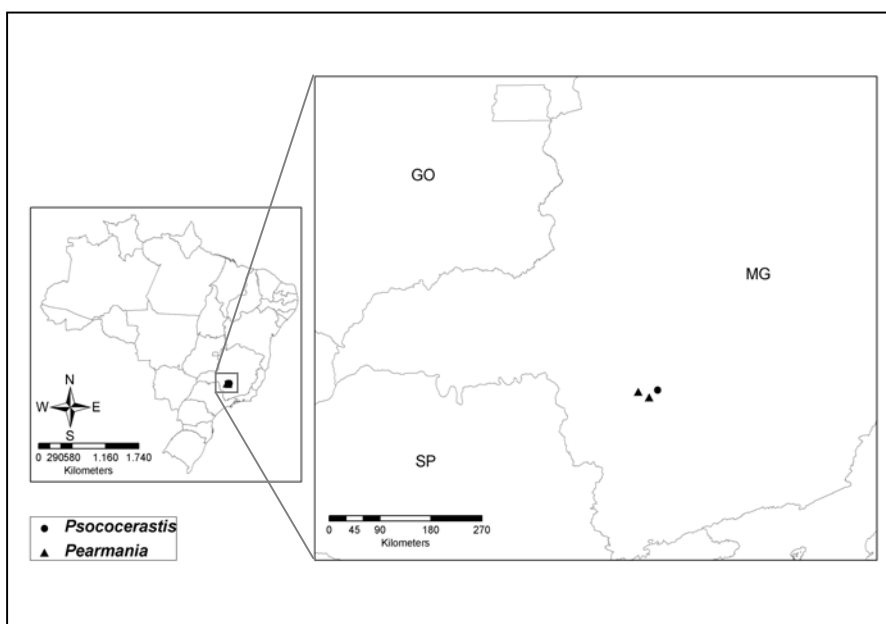


FIGURA 13 Distribuição mínima da família Psocidae no Brasil.

#### 4.7 Lachesillidae

Apenas um gênero, *Eolachesilla*, foi coletado dessa família, apresentando três espécies (Tabela 1). Apesar de já ter sido registrada a ocorrência dessa família no Brasil, esse é o primeiro registro do gênero *Eolachesilla* no país. Além do mais, esse é o primeiro registro dessa família em cavernas do mundo. Essa família só foi coletada em cavernas no estado de Minas Gerais (Figura 14). Todas as cavidades são calcárias e estão inseridas no Cerrado. A distribuição de indivíduos dessa família no interior das cavernas ficou restrita aos cinco primeiros setores, sendo que a grande maioria foi coletada na zona de entrada.

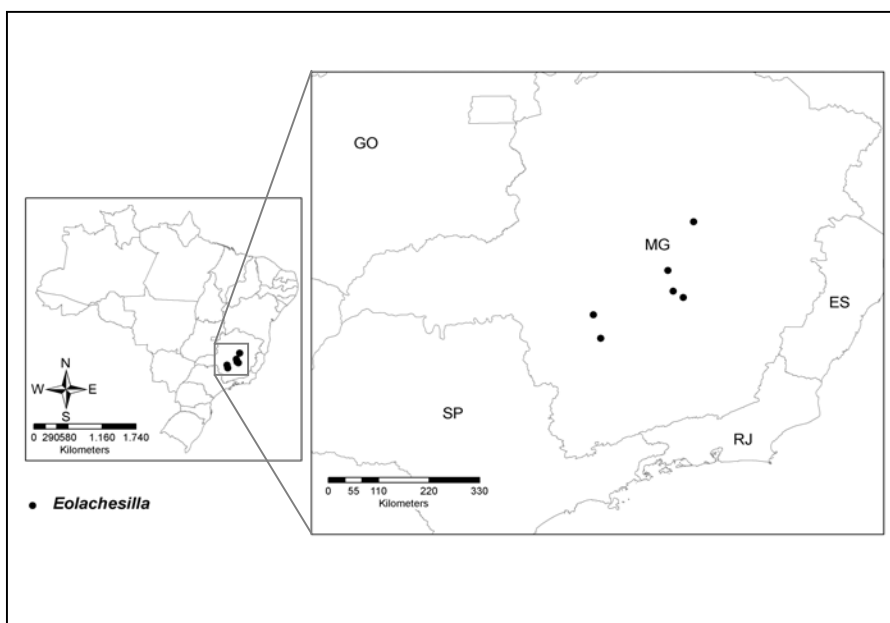


FIGURA 14 Distribuição mínima da família Lachesillidae no Brasil.

#### 4.8 Peripsocidae

Como Lachesillidae, essa família apresentou três espécies pertencentes apenas a um gênero (Tabela 1). O gênero *Peripsocus*, que foi o encontrado nesse trabalho, é o único que existe registro no Brasil. Em cavernas, esse é o primeiro registro da família Peripsocidae. Apesar da distribuição mínima restrita, pois só foram coletados indivíduos dessa família em cavernas de Minas Gerais (Figura 15), essas cavernas estão inseridas em dois biomas, o Cerrado e a Mata Atlântica, e suas litologias foram calcário, granito e quartzito. Alguns psocópteros dessa família foram coletados na região de entrada das cavernas e outros nos setores finais, indicando assim que a distribuição desses insetos pode ocorrer por toda a extensão das cavidades.

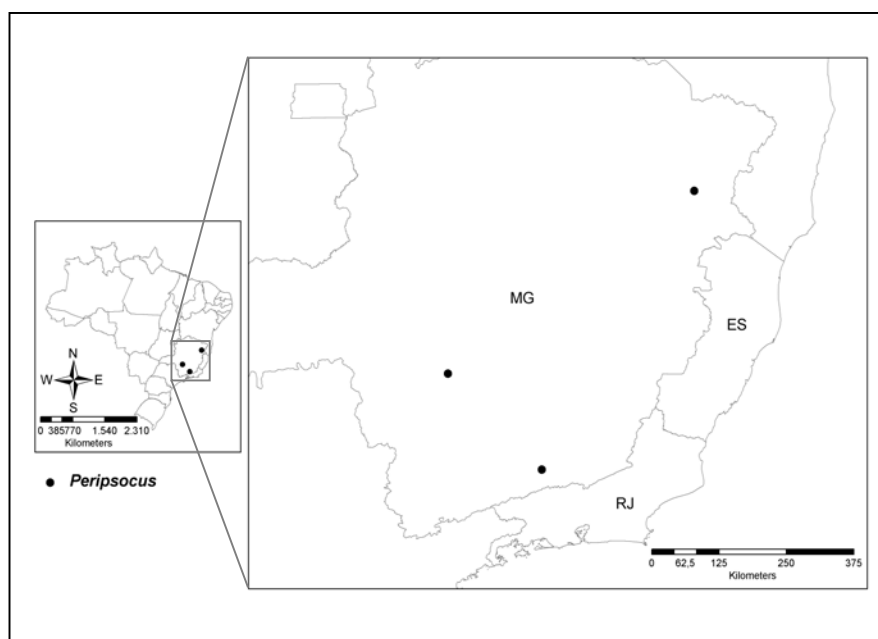


FIGURA 15 Distribuição mínima da família Peripsocidae no Brasil.

#### 4.9 Prionoglarididae

Foram registrados para essa família um gênero e três espécies (Tabela 1). Tanto as espécies como o gênero encontrado compreendem indivíduos ainda sem descrição, ou seja, são novas espécies dessa família. Essas novas espécies estão sendo descritas pelo Dr. Charles Lienhard.

Esse é o primeiro registro da família no país. Um resultado expressivo, pois compreende a descoberta do primeiro Prionoglarididae Neotropical. Porém, em outras regiões do mundo, já foram registradas sete espécies pertencentes a quatro gêneros dessa família em ambientes cavernícolas. Indivíduos dessa família foram coletados em cavernas dos estados da Bahia, Minas Gerais e Tocantins, e é interessante observar que cada espécie nova só foi coletada em um estado, apresentando uma distribuição extremamente local (Figura 16).

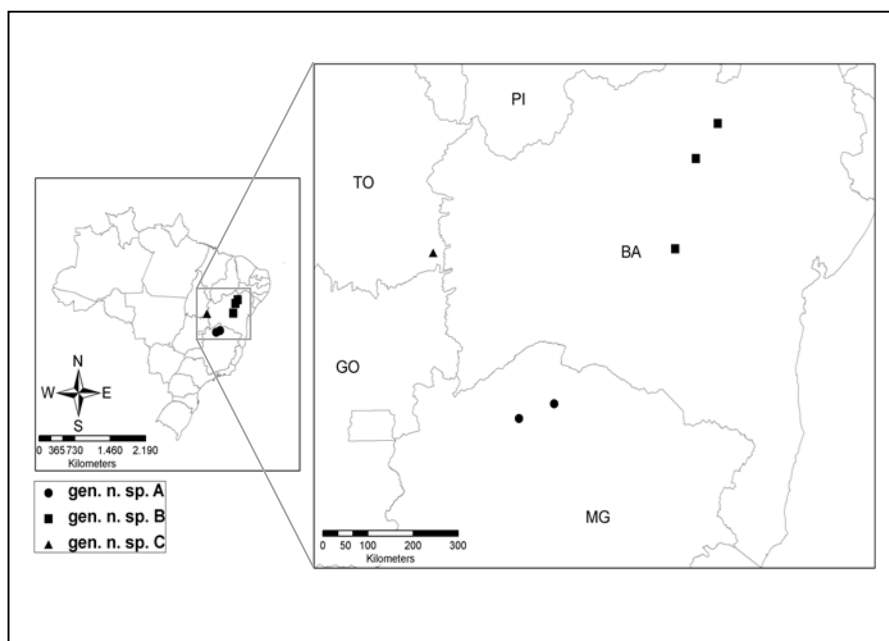


FIGURA 16 Distribuição mínima da família Prionoglarididae no Brasil.



As cavernas em que foram coletados são calcárias e dolomíticas. Porém a grande maioria foi coletada em cavernas calcárias, e em apenas uma cavidade dolomítica foi encontrada a família. Em relação aos biomas, os psocópteros da família Prionoglarididae só foram coletados em cavernas inseridas na Caatinga (Bahia), no Cerrado (Tocantins) e na região de transição entre esses dois biomas (Minas Gerais). Apesar de serem organismos que normalmente vivem em cavernas, nesse estudo eles só foram coletados na região de entrada das cavidades.

#### 4.10 Asiopsocidae, Caeciliusidae, Pachytroctidae e Philotarsidae

Estas quatro famílias foram agrupadas por apresentarem apenas duas ocorrências em cavernas do Brasil. Todas só foram encontradas em cavidades do estado de Minas Gerais (Figura 17).

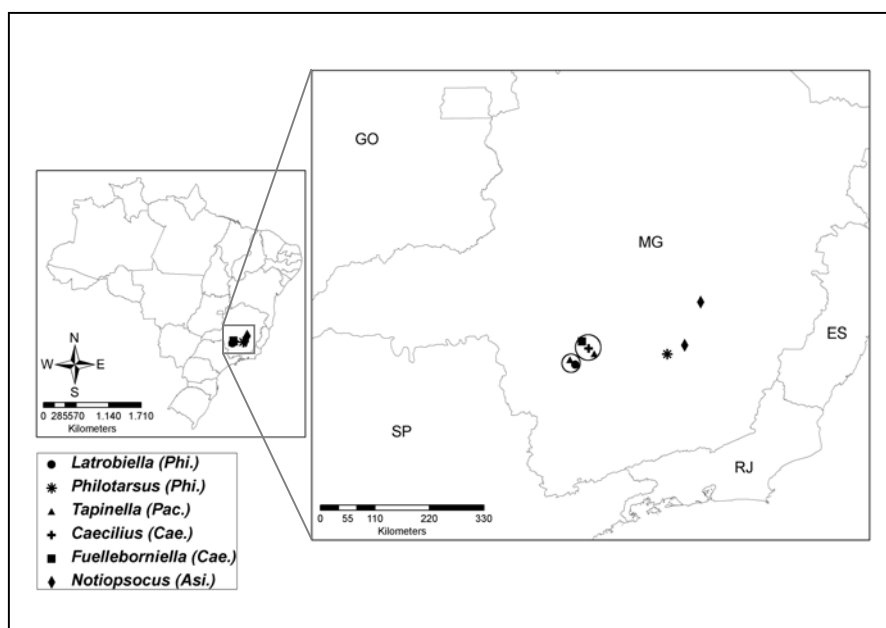


FIGURA 17 Distribuição mínima das famílias Asiopsocidae (Asi.), Caeciliusidae (Cae.), Pachytroctidae (Pac.) e Philotarsidae (Phi.) no Brasil. Os símbolos no interior do mesmo círculo correspondem à ocorrência em um mesmo município.

Da família Asiopsocidae, coletou-se duas espécies pertencentes apenas ao gênero *Notiopsocus*. Quatro espécies dessa família já foram coletadas no país, sendo que três dessas espécies pertencem ao gênero encontrado no presente trabalho. Esse é o primeiro registro da família Asiopsocidae em cavernas. Os indivíduos dessa família foram coletados nos municípios de Itambé do Mato Dentro e Itabirito (Figura 17), sendo que a caverna do primeiro município encontra-se no bioma Mata Atlântica, e a do segundo na transição deste com o Cerrado. A cavidade de Itabirito é ferruginosa e a de Itambé do Mato Dentro formada em quartzito. As duas espécies foram coletadas na região de entrada de suas respectivas cavernas.

A família Caeciliusidae apresentou duas espécies, pertencentes aos gêneros *Caecilius* e *Fuelleborniella*. No Brasil já há registro da família Caeciliusidae, mas esse é o primeiro registro de ocorrência do gênero *Fuelleborniella*. Assim como a família Asiopsocidae, a família Caeciliusidae ainda não tinha sido registrada em ecossistemas cavernícolas. Os indivíduos dessa família só foram coletados no município de Arcos (Figura 17). As duas cavernas em que foram encontrados são calcárias e estão no Cerrado. Em relação ao local de coleta, existe apenas o registro do gênero *Fuelleborniella*, que foi coletado no setor final da caverna.

Três espécies pertencentes ao gênero *Tapinella* (Pachytroctidae) foram coletados. Duas espécies foram coletadas no município de Pains, e uma em Arcos (Figura 17). As três cavernas são calcárias e estão inseridas no bioma Cerrado. Todos os indivíduos foram coletados no primeiro setor da caverna, ou seja, na região da entrada.

A família Philotarsidae apresentou duas espécies, cada uma pertencente aos gêneros *Latrobiella* e *Philotarsus*. Essa família já possui o registro de quatro espécies no Brasil, mas nenhuma dessas espécies pertence aos dois gêneros encontrados no presente trabalho. Além do mais, esse é o primeiro registro da

família em ecossistemas cavernícolas. Foram coletados em cavernas nos municípios de Moeda e Pains (Figura 17). A caverna de Moeda, onde se coletou a espécie do gênero *Philotarsus*, apresenta litologia ferruginosa e está na transição entre o Cerrado e a Mata Atlântica. A espécie do gênero *Latrobiella*, que foi coletada apenas um indivíduo em uma cavidade localizada em Pains (MG), foi encontrada no oitavo setor, em uma porção mais interior da caverna. Já a espécie do gênero *Philotarsus* foi coletada na região mais mediana da cavidade. Essa distribuição indica que a família Philotarsidae pode ser encontrada em toda a extensão das cavernas.

#### ***4.11 Cladiopsocidae, Dolabellopsocidae, Ectopsocidae, Myopsocidae, Pseudocaeciliidae, Trichopsocidae e Trogiidae***

Essas sete famílias foram agrupadas por apresentarem apenas uma ocorrência em cavernas brasileiras, abrangendo os estados da Bahia, Goiás e Minas Gerais (Figura 18). A caverna de Goiás e as cavernas de Minas Gerais nos municípios de Arcos, Doresópolis e Pains são calcárias e estão inseridas no Cerrado.

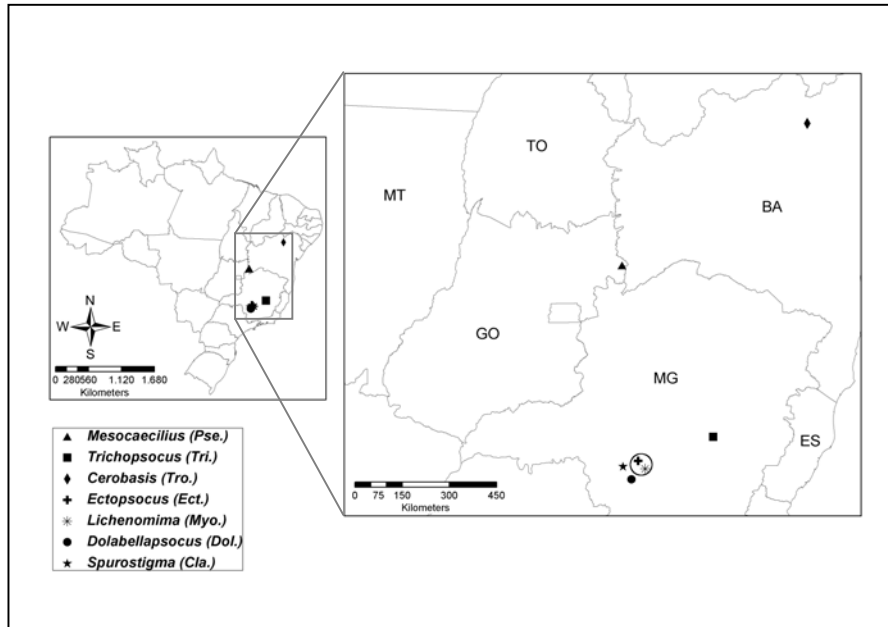


FIGURA 18 Distribuição mínima das famílias Cladiopsocidae (Cla.), Dolabellopsocidae (Dol.), Ectopsocidae (Ect.), Myopsocidae (Myo.), Pseudocaeciliidae (Pse.), Trichopsocidae (Tri.) e Trogiidae (Tro.) no Brasil. Os símbolos no interior do mesmo círculo correspondem à ocorrência em um mesmo município.

A família Cladiopsocidae apresentou duas espécies do gênero *Spurostigma*, ambas coletadas em uma mesma caverna. Já havia registro da família Cladiopsocidae no Brasil, porém esse é o primeiro registro do gênero *Spurostigma* no país. Tanto a família como o gênero encontrado nesse trabalho já haviam sido registrados em cavernas. As duas espécies foram coletadas na caverna Ponto 34, no município de Doresópolis, Minas Gerais (Figura 18). Não há registro de onde essas espécies foram coletadas no interior da caverna.

Da família Dolabellopsocidae, foi coletada apenas uma espécie pertencente ao gênero *Dolabellopsocus*. Esse é o primeiro registro da família em cavernas. Essa espécie foi coletada em uma caverna de Pains, Minas Gerais

(Figura 18). Foram coletados três indivíduos dessa família, no primeiro, sexto e sétimo setores da cavidade.

O indivíduo coletado da família Ectopsocidae pertence ao gênero *Ectopsocus*, e foi coletado na Caverna da Bocaininha 8, no município de Arcos, em Minas Gerais (Figura 18). Não há o registro de qual setor da caverna esse psocóptero foi coletado.

O gênero ao qual pertence o indivíduo coletado da família Myopsocidae é o *Lichenomima*. Esse é o primeiro registro de ocorrência da família Myopsocidae em cavernas. Como Ectopsocidae, essa família também foi coletada no município de Arcos, mas em uma caverna diferente (Gruta CSN) (Figura 18). Também não há o registro do local onde foi coletado no interior da caverna.

Da família Pseudocaeciliidae, o psocóptero coletado pertence ao gênero *Mesocaecilius*, sendo que esse é o primeiro registro desse gênero no Brasil. Esse também é o primeiro registro de ocorrência da família em cavernas. Esse psocóptero foi coletado em uma caverna de Goiás, no município de Mambá (Figura 18), na região de entrada.

A espécie coletada da família Trichopsocidae pertence ao gênero *Trichopsocus*. Esse é o primeiro registro da família no Brasil e em ecossistemas cavernícolas. Esse gênero foi coletado em uma caverna quartzítica do município de Itambé do Mato Dentro, Minas Gerais (Figura 18). Essa caverna está na Mata Atlântica e esse psocóptero foi coletado na zona de entrada.

O organismo coletado da família Trogiidae pertence ao gênero *Cerobasis*, sendo esse o primeiro registro do gênero em habitats cavernícolas. Esse psocóptero foi coletado em uma caverna da Bahia, no município de Campo Formoso (Figura 18). Essa caverna, a Toca do Angico, é formada a partir do dolomito e está inserida na Caatinga. Não há o registro de onde essa família foi coletada no interior da caverna.

Em quatro espécimes de psocópteros houve dúvidas em relação à identificação, por isso foram enviados ao especialista Dr. Charles Lienhard. Esses indivíduos foram enviados posteriormente aos psocópteros das famílias Prionoglarididae e Psyllipsocidae, e por isso a identificação dos mesmos não chegou a tempo hábil para serem incluídas no presente trabalho. O Dr. Lienhard identificou estes organismos como pertencentes à família Amphientomidae, porém os mesmos não foram identificados a nível genérico. Já existe registro da ocorrência dessa família no Brasil, com apenas um gênero, *Seopsocus*, e essa família também já teve sua presença registrada em cavernas.

#### **4.12 Biomas**

O bioma que apresentou o maior número de cavernas amostradas foi o Cerrado (99), seguido pela Caatinga (39), Mata Atlântica (36) e as regiões de transição entre os biomas (18). Na região de transição, cinco cavernas estavam na transição Cerrado/Caatinga e treze na transição Cerrado/Mata Atlântica (Anexo A).

Todos os biomas estudados apresentaram um número médio de espécies por cavidade inferior a dois. O bioma que apresentou a maior riqueza média foi a Caatinga, com quase duas espécies por cavidade, sendo que a transição entre os biomas do Cerrado e Mata Atlântica foi a que apresentou o menor número médio de espécies por cavidade (Tabela 2).

TABELA 2 Número médio de espécies por biomas

<b>Biomas</b>	<b>Nº Médio de Espécies</b>
Caatinga	1,97
Cerrado/Caatinga	1,8
Cerrado	1,62
Mata Atlântica	1,53
Cerrado/Mata Atlântica	1,46

De acordo com o Teste de Qui-Quadrado, a influência do tipo de bioma aos quais as se associam na riqueza de psocópteros não foi significativa ( $\chi^2 = 1,106$ ;  $p = 0,89$ ). A riqueza de psocópteros acompanha o número de cavernas de cada bioma, ou seja, quanto maior o número de cavidades inseridas em um bioma, maior será o número de espécies encontradas nessas cavernas. Apenas a transição Cerrado/Mata Atlântica não apresentou riqueza maior que o número de cavernas (Figura 19).

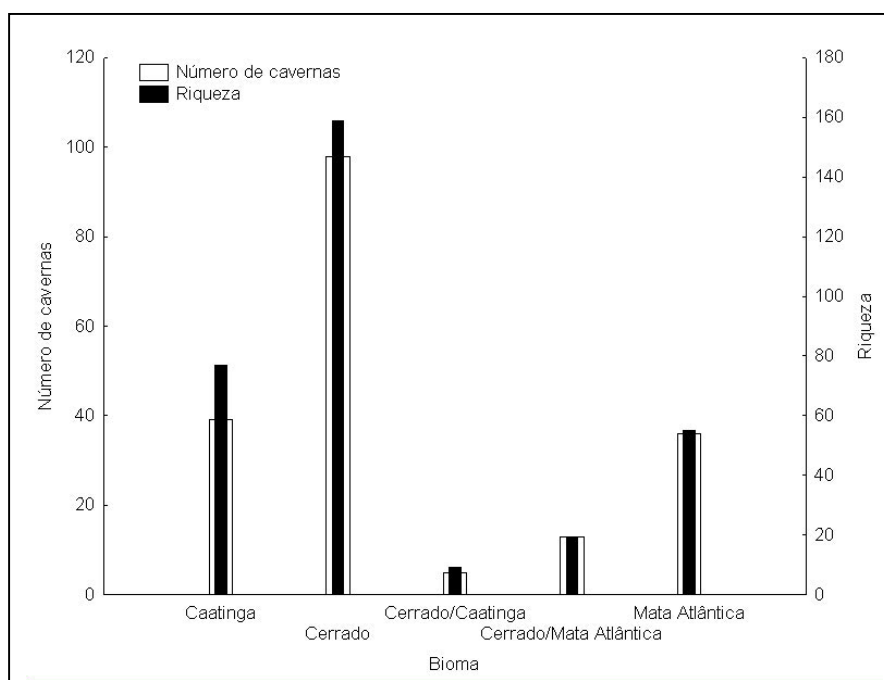


FIGURA 19 Número médio de espécies encontrado em cada bioma.

De acordo com a análise do dendograma de biomas, os biomas apresentaram baixa similaridade (Figura 20). As espécies do bioma da Mata Atlântica e da transição do Cerrado/Mata Atlântica foram as que apresentaram a maior similaridade, próxima a 0,25. O Cerrado apresentou similaridade mais próxima a essas duas regiões. Já a Caatinga e a transição entre o

Cerrado/Caatinga apresentaram espécies semelhantes, e mais distantes dos outros três biomas. Mas vale enfatizar que a similaridade entre as cavernas inseridas em diferentes biomas foi muito baixa.

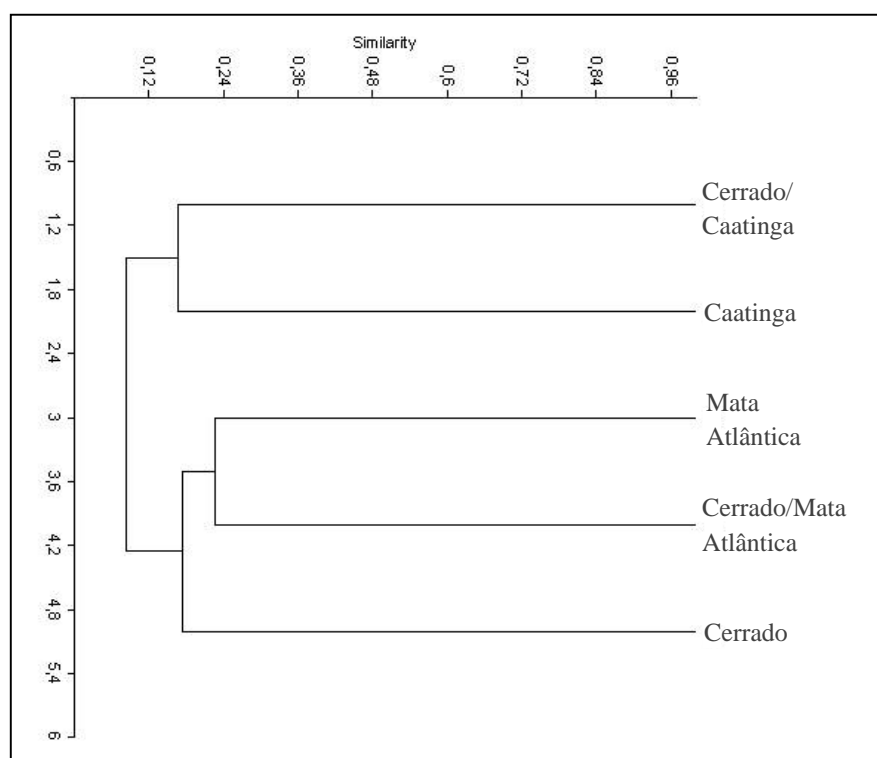


FIGURA 20 Dendrograma de similaridade entre os biomas.

#### 4.13 Litologias

As cavernas estudadas apresentaram litologias variadas. A maioria das cavidades inventariadas apresentou o calcário (129) como rocha base, mas também foram amostradas cavernas inseridas em granito (15), arenito (14), minério de ferro (14), dolomito (10), quartzito (7), calcarenito (1), gnaiss (1) e mármore (1) (Anexo A).



Para o cálculo de riqueza média, as cavernas formadas a partir de calcarenito, gnaiss e mármore não participaram, pois em apenas uma cavidade de cada uma dessas litologias foram encontrados psocópteros, não sendo necessário, portanto, fazer esse cálculo. A litologia que apresentou o maior número médio de espécies por caverna foi o dolomito, com um pouco mais de duas espécies por cavidade. Todas as outras litologias apresentaram, em média, menos de duas espécies. As cavernas graníticas foram as que apresentaram o menor número médio, com aproximadamente 1,33 espécies por cavidade (Tabela 3).

TABELA 3 Número médio de espécies por litologia

<b>Litologias</b>	<b>Nº Médio de Espécies</b>
Dolomito	2,2
Arenito	1,93
Minério de Ferro	1,64
Calcário	1,63
Quartzito	1,57
Granito	1,33

No Teste de Qui Quadrado, a influência da litologia na riqueza de psocópteros não foi significativa ( $\chi^2 = 1,159$ ;  $p = 0,949$ ). Como observado nas análises dos biomas, a riqueza de psocópteros acompanha o número de cavernas, ou seja, quanto maior o número de cavidades de certa litologia, maior será o número de espécies encontradas nessas cavernas (Figura 21).

As duas litologias que apresentaram o maior número médio de espécies por cavidade, dolomito e arenito, foram também as únicas que apresentaram a riqueza maior que o número de cavernas inventariadas.

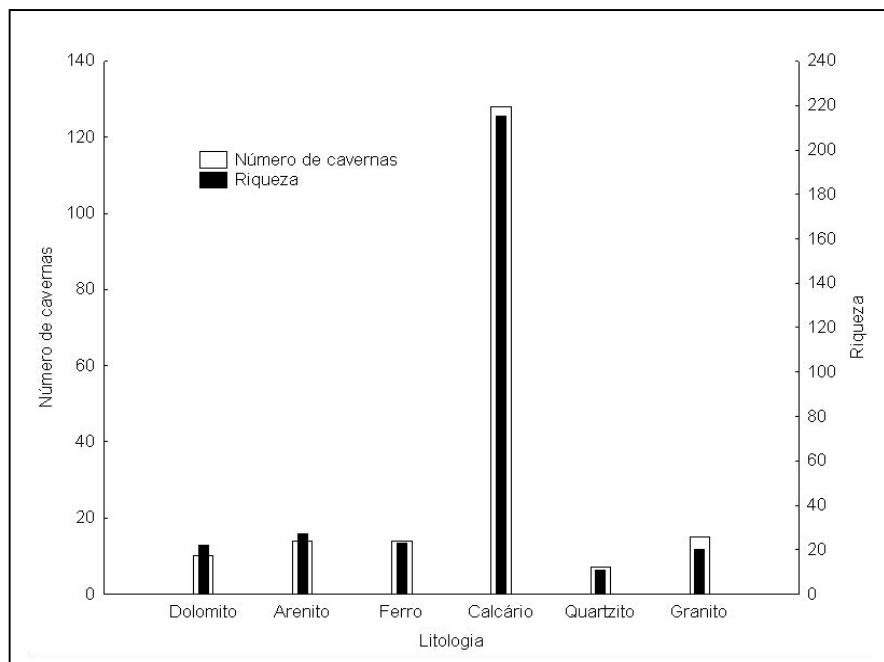


FIGURA 21 Número médio de espécies encontrado em caverna de diferentes litologias.

Assim como nas análises com os biomas, a similaridade de espécies entre as diferentes litologias foi baixa (Figura 22). Cavernas formadas a partir do calcarenito não apresentaram nenhuma similaridade com cavernas formadas nas demais litologias. As cavernas ferruginosas e quartzíticas apresentaram similaridade próxima, apesar de baixa, sendo que as cavidades associadas a essas duas litologias formaram um grupo separado das demais. De acordo com o dendrograma, os tipos de litologias não apresentaram um padrão de similaridade, exceto pelas rochas magmático-metamórficas (gnaisse e granito), que foram as que apresentaram uma similaridade um pouco maior de espécies.

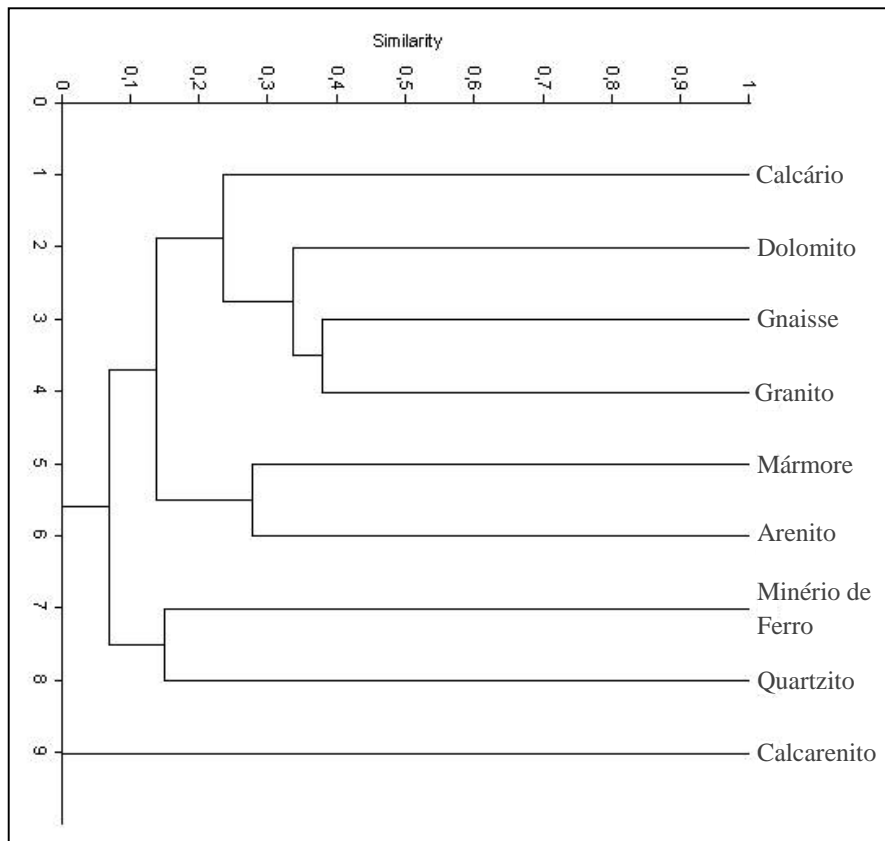


FIGURA 22 Dendograma de similaridade entre as litologias.

## 5 DISCUSSÃO

O número de estudos faunísticos em cavernas no Brasil aumentou significativamente a partir da década de 80 (Dessen et al., 1980; Chaimowicz, 1984; Godoy, 1986; Trajano & Moreira, 1991) e se intensificaram nos últimos anos. O Brasil é o país da América Latina onde mais existem estudos sobre a fauna subterrânea, e, conseqüentemente, é o que apresenta o maior nível de conhecimento (incluindo riqueza de espécies). No entanto, pouco se conhece

sobre a fauna subterrânea brasileira, tendo em vista que uma ínfima parte das cavernas do país já foi alvo de algum tipo de estudo biológico. Desta forma, embora o número de espécies conhecidas ainda seja baixo quando comparados com países da América do Norte ou Europa (Pinto-da-Rocha, 1995), principalmente quando se refere ao número de taxa troglóbios registrados em cavernas do país (Gnaspini & Trajano, 1994), isto provavelmente é reflexo dos poucos estudos realizados no Brasil comparado a esses países. Além disso, outro problema sério foi a falta de atenção dada a muitos grupos, como Psocoptera, que gerou listagens pouco precisas e praticamente nenhum conhecimento efetivo acerca dos organismos dessa ordem.

A Ordem Psocoptera apresenta ampla distribuição em todo o mundo, porém poucos são os trabalhos que abordam essa ordem, sendo que essas informações são ainda mais escassas no Brasil. Os trabalhos sobre fauna cavernícola existentes não fornecem muitas informações relacionadas às famílias de Psocoptera, apenas relatos de ocorrência. Como o presente trabalho é o primeiro a abordar especificamente as famílias e gêneros de Psocoptera associadas aos ambientes cavernícolas brasileiros, muitas das informações apresentadas constituem primeiros registros de organismos dessa ordem não só em cavernas brasileiras, mas também no país.

O trabalho de Pinto-da-Rocha (1995) compilou uma extensa bibliografia referente aos dados gerados desde 1907 até 1994, sobre a fauna cavernícola brasileira. Neste trabalho, tal autor indicou a presença de indivíduos dessa ordem em cavernas da Bahia, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Pará, Paraná e São Paulo, sendo que a grande maioria dessas ocorrências refere-se a esses insetos apenas como pertencentes à ordem Psocoptera. Das 39 ocorrências de Psocoptera dessa compilação, 22 estão identificadas apenas até ordem, catorze estão identificadas como Psyllipsocidae, duas como Liposcelididae e apenas uma ocorrência da família Lepidopsocidae. Desta forma, este trabalho apresenta

os primeiros registros de psocópteros em cavernas de dez estados brasileiros (Alagoas, Ceará, Espírito Santo, Mato Grosso, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Tocantins), além de ampliar a distribuição e o conhecimento de muitas famílias em cavernas brasileiras.

De acordo com Badonnel & Lienhard (1994), as quatro famílias de Psocoptera que apresentam espécies troglóbias foram encontradas no presente trabalho.

A maioria dos psocópteros relatados na literatura é encontrada na região de entrada das mesmas. De acordo com Stehr (1987), indivíduos dessa ordem podem ser numerosos em condições ideais de alta umidade, explicando assim sua extensa ocorrência em ecossistemas cavernícolas. A falta de registros de psocópteros em cavernas brasileiras pode ser resultado da concepção equivocada de muitos pesquisadores, como Trajano & Bichuette (2006), que não consideram as comunidades das regiões de entrada das cavernas (comunidades para-epígeas) nos inventários de fauna cavernícola, alegando que estes organismos não são “cavernícolas verdadeiros”. As comunidades para-epígeas são compostas por organismos pré-adaptados ao ambiente de cavernas, e diversos fatores podem levar animais a viverem nas entradas das cavernas, como temperatura, umidade, abundância de presas ou abrigo. Cavernas são ambientes altamente restritivos para a maioria das espécies de invertebrados em função da ausência permanente de luz e baixa disponibilidade de recursos alimentares (Culver, 1982). Já as zonas de entrada são como uma condição intermediária entre o ambiente epígeo e hipógeo, podendo ser caracterizadas como ecótonos (Culver & White, 2004; Prous et al., 2004), onde se podem encontrar tanto elementos dos ambientes externos quanto elementos exclusivos das cavernas. Nestas áreas, existe um vasto elenco de variáveis físicas e biológicas que funcionam como um filtro de permeabilidade seletiva, permitindo ou não a colonização e fixação de populações nos ambientes subterrâneos. Assim, para uma boa compreensão da

estrutura e funcionamento do interior das cavernas, é fundamental a compreensão da estrutura e dinâmica das comunidades associadas às entradas das cavernas (Prous, 2005).

Uma compilação feita por Lienhard (2009) indicou que já foram registradas 41 espécies de psocópteros em cavernas do mundo, pertencentes a treze famílias. Comparando-se esses resultados com os do presente trabalho, é possível perceber claramente a falta de informação acerca da ordem, em especial, as informações concernentes à associação destes insetos a habitats subterrâneos.

Os indivíduos da família Psyllipsocidae podem ser encontrados em habitações humanas, em produtos armazenados, em coleções de insetos, na serrapilheira, em porões, nos afloramentos rochosos e em cavernas, sendo amplamente distribuídos em todo mundo (Smithers, 1972; Mockford, 1993).

Organismos da família Psyllipsocidae já foram registrados em cavernas dos estados de Goiás, Minas Gerais, Bahia, Mato Grosso do Sul e São Paulo (Pinto-da-Rocha, 1995; Ferreira & Martins, 1999; Ferreira & Horta, 2001; Garcia Aldrete & Mockford, 2009). A distribuição mínima dessa família aumentou consideravelmente com este trabalho, sendo que desta forma, este pode ser considerado o mais bem distribuído grupo de psocópteros em cavernas brasileiras. Zeppelini Filho e colaboradores (2003) registraram a primeira ocorrência da família Psyllipsocidae em cavernas areníticas. Essas cavernas localizam-se no estado de São Paulo (município de Altinópolis). No presente trabalho, foram coletados indivíduos dessa família em mais oito cavernas areníticas, abrangendo também outros estados.

Da família Psyllipsocidae, a espécie *Psyllipsocus ramburii* é a mais amplamente distribuída em todo o mundo. Vivem em uma variedade de habitats úmidos e escuros, podendo ser encontrados em cavernas, serrapilheira, minas e está frequentemente associada ao homem. Esta espécie é extremamente comum,

ocorrendo em toda Europa, Estados Unidos, e muitas outras partes do mundo onde há comércio (Smithers, 1972; Mockford, 1993, 2005; Arnett, 2000). Organismos desta espécie são frequentemente claros, com longas pernas e capazes de pular. Por serem polimórficos, podem ser encontrados indivíduos com asas longas e curtas. Formas quase-cegas ocorrem em cavernas, e o desenvolvimento das asas parece ser afetado pela densidade populacional e condições de temperatura (Smithers, 1991; Mockford, 2005). *Psyllipsocus ramburii* é classificado como troglófilo, fungívoro e é considerado comum no interior de cavernas. Porém, diferentemente de muitos troglófilos, preferem se alimentar de matéria orgânica seca (Welbourn, 1999).

Cokendolpher & Polyak (1996) encontraram um grande número de espécimes de *P. ramburii* no interior das cavernas Batman Cave, Berrytree Cave e Crumble Cave, no Novo México, Estados Unidos. Eles foram muito numerosos em guano de morcegos e pequenos depósitos de matéria orgânica lavada para dentro das cavernas ou carregada por ratos. Todos foram coletados em locais de total escuridão. Em outro estudo realizado nos Estados Unidos, em uma caverna no Arizona, Welbourn (1999) encontrou *P. ramburii* na entrada da caverna, onde estavam associados a depósitos antigos de guano e de outros tipos de matéria orgânica. Os níveis populacionais foram baixos, com apenas 1 a 2 indivíduos observados em algumas áreas.

No Brasil, Ferreira & Martins (1999) mencionaram a freqüente associação de psocópteros da família Psyllipsocidae a diferentes substratos orgânicos em cavernas, e demonstraram a clara preferência destes organismos por guano de morcegos. Para esses autores, há uma clara preferência destes psocópteros por depósitos mais velhos, uma vez que foram raramente avistados em depósitos frescos. No entanto, tais autores mencionam não haver preferência por tipos específicos de guano. Além do guano, eles também mencionam a freqüente associação de organismos desta família com carcaças de animais

mortos, em especial de morcegos. Em outro estudo em cavernas brasileiras, Prous e colaboradores (2004) encontraram indivíduos dessa família amplamente distribuídos na Lapa do Mosquito (Curvelo, MG). Segundo eles, esses psocópteros também têm clara preferência por substratos orgânicos mais ressecados, em especial por guano de morcegos. Ferreira e colaboradores (2000), em um trabalho realizado na gruta Lavoura (Matozinhos, MG) demonstraram a íntima associação de organismos da família Psyllipsocidae com depósitos de guano de morcegos hematófagos (*Desmodus rotundus*), além da sua nítida preferência por depósitos mais velhos. A distribuição destes organismos no interior desta caverna mostrou-se claramente influenciada pela posição dos depósitos de guano mais velhos, situados preferencialmente na porção final da cavidade.

Segundo Prous e colaboradores (2004) e de acordo com as informações acima, os psocópteros da família Psyllipsocidae, dentro das comunidades cavernícolas terrestres, se enquadram nas comunidades recurso-espaco-dependentes.

A família Ptiloneuridae é conhecida nas regiões Afrotropical, Neártica e Neotropical, sendo encontrado em cascas de árvores e afloramentos rochosos (Yoshizawa, 2002; Mockford, 2005). No Brasil há registros de ocorrência de dezenove espécies pertencentes a quatro gêneros (Lienhard & Smithers, 2002). É desse trabalho o primeiro registro dessa família em cavernas pelo mundo. Das 43 cavidades em que foram coletados, 32 estão no Cerrado, e a maior parte das ocorrências dessa família foi de apenas um indivíduo por cavidade, podendo ser indício de que esses psocópteros são acidentais em cavernas.

Os psocópteros da família Liposcelididae são pequenos, com cerca de 1 mm de comprimento, achatados, com fêmur posterior alargado e quando apresentam asas, a nervação é reduzida. Muitas espécies são de ocorrência mundial, e a maioria dos indivíduos dessa família vive sob casca de árvore, na



serrapilheira, em construções e em ninhos de aves e mamíferos (Smithers, 1991; Mockford, 2005). São os tradicionalmente conhecidos “booklice”, e é a família mais conhecida até o momento (Grimaldi & Engel, 2006). *Liposcelis* é o gênero com o maior número de espécies da família Liposcelididae, com 117 espécies (Lienhard & Smithers, 2002). É um gênero cosmopolita, muito encontrado em habitações humanas, podendo ocorrer em grande número em locais com produtos armazenados (Smithers, 1972, 1991).

O modo de vida dos indivíduos da família Liposcelididae, particularmente do gênero *Liposcelis*, é intermediário entre os outros psocópteros detritívoros e os piolhos ectoparasitas (Grimaldi & Engel, 2006). Os piolhos têm a forma do corpo muito simplificada, como resultado do seu hábito parasita, não possuindo asas e sendo achatados dorsoventralmente (Johnson et al., 2004). Essas características são compartilhadas por indivíduos da família Liposcelididae, principalmente do gênero *Liposcelis*. Tal fato tem justificado (junto a outras características) a proposição de uma nova ordem de insetos (Ordem Psocodea) que resultaria da fusão entre Psopcoptera e Phthiraptera (Yoshizawa & Johnson, 2006). Um exemplo dentro do gênero *Liposcelis* é a espécie *L.bostrychophila*, que é o inquilino mais encontrado em vertebrados (Grimaldi & Engel, 2006).

Em estudos feitos por Bernath & Kunz (1981) e Webster & Whitaker Junior (2005), encontraram-se duas espécies de *Liposcelis*, *L. corrodens* e *L. bostrychophila*, em guano de morcegos das espécies *Myotis lucifugus* (Chiroptera: Vespertilionidae) e *Eptesicus fuscus* (Chiroptera: Vespertilionidae). Ambas as espécies foram classificadas por eles como fungívoras. Outras espécies de Liposcelididae também já foram coletadas em guano. Indivíduos da espécie *Liposcelis decolor* foram coletados em guano no trabalho realizado por Reeves (2001), sendo considerados animais troglófilos guanófilos. Essa espécie

também já foi coletada no guano em outros lugares, incluindo minas abandonadas com colônias de morcegos (Mockford, 1993).

No Brasil, já existem dois registros da família Liposcelididae em cavernas, ambas em São Paulo: uma na Ressurgência das Areias e a outro na Gruta do Moquém, as duas no município de Iporanga (Pinto-da-Rocha, 1995). No presente estudo, essa família não foi encontrada em São Paulo, porém foi coletada em mais sete estados diferentes, ampliando consideravelmente a distribuição mínima dessa família.

De acordo com Mockford (2005), indivíduos dessa família são encontrados em lugares empoeirados, onde a temperatura e a umidade são altas. Talvez essa preferência explique o grande número de cavernas na Caatinga onde a família Liposcelididae foi coletada. Das 23 cavernas em que foram encontrados, quinze estão na Caatinga, uma na transição Cerrado/Caatinga e o restante no Cerrado.

Indivíduos da família Lepidopsocidae vivem em árvores, arbustos, serrapilheira e afloramentos rochosos (Smithers, 1972; Mockford, 2005). O fato de estes psocópteros serem encontrados com certa frequência em afloramentos rochosos, talvez explique sua grande presença em cavernas brasileiras, pois essa família foi a que apresentou o maior número de gêneros (8) e o quarto maior número de espécies (20).

O único registro anterior de Lepidopsocidae em ambientes subterrâneos brasileiros corresponde ao encontrado na Mina do Paqueiro, uma cavidade artificial presente no município de Adrianópolis, Paraná (Pinto-da-Rocha, 1995). Desta forma, o presente trabalho apresenta os primeiros registros desta família em cavernas brasileiras. Os dados do presente trabalho, além de confirmarem a presença de organismos desta família em ambientes subterrâneos, ampliam consideravelmente a distribuição da mesma.

A grande maioria dos indivíduos coletados da família Lepidopsocidae estava em biomas de clima tropical, ou seja, das 49 cavidades em que foram coletados, 44 situavam-se nos biomas Cerrado (32) ou Mata Atlântica (12). Esse resultado está de acordo com informações de Mockford (2005), que menciona que essa família é primariamente tropical.

Indivíduos da família Epipsocidae podem viver na serrapilheira, em cascas de árvores, em afloramentos rochosos (e troncos de árvores próximos a esses afloramentos) e em ambientes cavernícolas (Smithers, 1972; Mockford, 2005). Estão distribuídos em todas as regiões zoogeográficas (Yoshizawa, 2002). A grande maioria das cavernas onde indivíduos dessa família foram coletados está em ambientes mais úmidos, inseridos na Mata Atlântica e na transição desta com o Cerrado. Das doze cavidades, dez estão nesses locais, indicando que locais de alta umidade favorecem a ocorrência de indivíduos dessa família (Stehr, 1987).

Família mais diversa de Psocomorpha, Psocidae é uma das maiores famílias de Psocoptera, sendo distribuída em todas as regiões zoogeográficas. Vivem em galhos e troncos de vários tipos de árvores, além da sombra dos afloramentos rochosos (Arnett, 2000; Yoshizawa, 2002; Mockford, 2005). Com ampla distribuição, essa é a família encontrada no país que apresenta o maior número de espécies (87), pertencentes a 21 gêneros (Lienhard & Smithers, 2002), sendo que *Elaphopsocus* é um gênero encontrado apenas no Brasil (Smithers, 1972). Apesar disso, no presente trabalho registrou-se a primeira ocorrência do gênero *Pearmania* no país, e também o primeiro registro da família Psocidae em habitats cavernícolas.

A família Lachesillidae pode ser encontrada na serrapilheira e em uma grande variedade de plantas. Esses organismos podem ocorrer em grande número no interior de casas e às vezes como enxame ao anoitecer. Estão distribuídos em todas as regiões zoogeográficas, sendo que a América Latina

apresenta uma grande quantidade de espécies (Smithers, 1991; Yoshizawa, 2002; Mockford, 2005). Essa família já teve sua ocorrência registrada no país, mas esse é o primeiro registro dessa família em cavernas do mundo (Lienhard & Smithers, 2002).

Distribuídos em todas as regiões zoogeográficas, os psocópteros da família Peripsocidae são encontrados principalmente em gravetos, galhos, troncos e cascas de árvores, superfície de rochas e às vezes são coletados na serrapilheira (Smithers, 1972; Yoshizawa, 2002; Mockford, 2005). De acordo com Lienhard (2002), esse é o primeiro registro da família Peripsocidae em cavernas no mundo. Os indivíduos dessa família foram coletados em quatro cavernas, todas em locais de clima tropical, nos biomas Cerrado e Mata Atlântica, reforçando a preferência desses insetos por locais mais úmidos.

A família Prionoglarididae é o clado mais basal da subordem basal Trogiomorpha, e é sub-dividida em duas subfamílias, Prionoglaridinae e Speleketorinae. Os gêneros da subfamília Prionoglaridinae são *Prionoglaris* (encontrado na região Paleártica) e *Siamoglaris* (região Oriental). Os da subfamília Speleketorinae são *Speleketor* (região Neártica) e *Sensitibilla* e *Afrotroglia* (região da Etiópia). Poucas espécies são conhecidas, normalmente vivem em cavernas ou habitats similares e são consideradas muito raras (Badonnel & Lienhard, 1994; Mockford, 2005; Lienhard, 2007). Uma das características que separa as espécies de Prionoglarididae das outras famílias é a nervação das asas. No entanto, vários fósseis de outros membros da subordem Trogiomorpha encontrados em âmbar do Cretáceo têm apresentado nervação das asas muito similares. Portanto, devido a essa característica das asas, os Prionoglarididae são considerados “fósseis vivos”. Podem ainda ser considerados vestígios da Pangéia, visto que sua distribuição é extremamente disjunta (separada) (Baz & Ortuño, 2001; Azar & Nel, 2004).

Como já citado, a família Prionoglarididae é normalmente encontrada em cavernas, com sete espécies pertencentes a quatro gêneros já registrados em ambientes cavernícolas (Lienhard & Smithers, 2002). Porém, reitera-se que esta família nunca havia sido coletada em cavernas da região Neotropical.

Os indivíduos coletados nesse trabalho estão mais relacionados com espécies dos gêneros sul-africanos *Sensitibilla* e *Afrotroglia*, do que com as espécies do gênero *Speleketor*, encontradas nos Estados Unidos. Ainda são necessários estudos mais aprofundados, mas essa descoberta tem grande importância paleogeográfica, pois se trata provavelmente de um exemplo interessante de relicto da antiga Gondwana, que relaciona a fauna africana e sul-americana.

Nesse trabalho, os psocópteros da família Prionoglarididae foram coletados em cavernas inseridas no bioma Caatinga, no Cerrado e na região de transição entre o Cerrado e a Caatinga. De acordo com Lienhard (2000), todas as espécies do gênero *Sensitibilla* são encontradas apenas em regiões de deserto. Em suas análises preliminares, Lienhard (2009) relacionou o gênero brasileiro a esse gênero. Essa é uma relação importante, pois pode reforçar o parentesco entre os gêneros brasileiro e sul-africano.

Os indivíduos da família Prionoglarididae, apesar de serem organismos que normalmente vivem em cavernas, só foram coletados na região de entrada das cavidades no presente trabalho. Esta preferência dos organismos pelas regiões de entrada permite eventualmente compreender porque organismos dessa família, não apresentam características adaptativas a esses ecossistemas ainda que apresentem os ecossistemas cavernícolas como habitat principal, são geralmente alados com olhos compostos e ocelos presentes e apresentam pigmentação, e provavelmente voam para o ambiente epígeo (Lienhard, 2009).

Conhecidos nas regiões Neártica, Neotropical e Paleártica, os indivíduos da família Asiopsocidae são habitantes de galhos de pequenas árvores e arbustos

(Yoshizawa, 2002; Mockford, 2005). O gênero *Notiopsocus*, encontrado no presente trabalho, é relatado por Mockford (2005) como um gênero tropical. De acordo com Lienhard (2002), esse é o primeiro registro da família Asiopsocidae em cavernas.

Uma das maiores famílias de Psocomorpha, Caeciliusidae contém espécies extremamente diferentes morfológicamente, e é amplamente distribuída em todas as regiões zoogeográficas, sendo encontrada normalmente em folhas de árvores. A maioria das espécies tem asas longas, mas as fêmeas de algumas espécies que vivem na serrapilheira podem apresentar tanto asas longas como curtas (Yoshizawa, 2002; Mockford, 2005). Em um trabalho realizado em duas florestas tropicais do Panamá, essa foi uma das famílias mais encontradas. Para a coleta desses psocópteros, utilizaram-se armadilhas que foram colocadas no dossel das árvores e próximas ao chão (Broadhead & Wolda, 1985). Talvez esse método de coleta explique os poucos indivíduos dessa família coletados no presente estudo. Assim como a família Asiopsocidae, a família Caeciliusidae ainda não tinha sido registrada em ecossistemas cavernícolas (Lienhard, 2002).

No ambiente epígeo, indivíduos da família Pachytroctidae podem ser encontrados em ninhos de ratos e aves, em matéria orgânica, na serrapilheira e em cascas de árvores (Smithers, 1972). Tal família possui seis espécies que já foram encontradas no Brasil, sendo que três dessas espécies pertencem ao gênero encontrado no presente trabalho. Uma espécie desse gênero também já foi encontrada em cavernas (Lienhard, 2002).

Indivíduos da família Philotarsidae são encontrados em cascas de árvores ou superfície de rochas, e alguns gêneros podem ser encontrados em afloramentos rochosos. Estão distribuídos em todas as regiões zoogeográficas (Yoshizawa, 2002; Mockford, 2005). Esse é o primeiro registro dos gêneros *Latrobiella* e *Philotarsus* no Brasil (Lienhard & Smithers, 2002) e o primeiro da família em ambientes cavernícolas.

Conhecida somente na região Neotropical, a família Cladiopsocidae provavelmente pode ser dividida em pelo menos duas famílias independentes em um estudo futuro (Yoshizawa, 2002). Já havia registro da família Cladiopsocidae no Brasil, porém esse é o primeiro registro do gênero *Spurostigma* no país (Lienhard & Smithers, 2002).

A família Dolabellopsocidae é conhecida somente na região Neotropical (Yoshizawa, 2002). Essa família já foi encontrada no país (Lienhard & Smithers, 2002), porém é o seu primeiro registro em cavernas.

Indivíduos da família Ectopsocidae estão distribuídos em todas as regiões zoogeográficas. Podem alcançar populações com altas densidades e espécies aparentadas já foram encontradas vivendo juntas, sugerindo uma interessante interação ecológica. Anteriormente eram incluídos em Peripsocidae (Smithers, 1991; Yoshizawa, 2002). Essa família já foi encontrada no país e também em ambientes cavernícolas.

A família Myopsocidae é encontrada em todas as regiões zoogeográficas, sendo encontrada principalmente na região tropical. Indivíduos dessa família vivem em troncos e galhos de árvores, e na sombra formada pelos afloramentos rochosos (Yoshizawa, 2002; Mockford, 2005). O gênero *Lichenomima*, encontrado no presente trabalho, é mundialmente distribuído, estando associado a afloramentos rochosos (Arnett, 2000). Esse é o primeiro registro de ocorrência da família em cavernas.

Pseudocaeciliidae é uma das maiores e mais diversas famílias da infraordem Homilopsocidea, tanto morfológica quanto biologicamente. É distribuída em todas as regiões zoogeográficas e são encontrados em diversos habitats (Smithers, 1972; Yoshizawa, 2002). Esse é o primeiro registro do gênero *Mesocaecilius* no Brasil (Lienhard & Smithers, 2002). Essa família possui um gênero, *Scytopsocus*, que é exclusivo do Brasil, podendo ser

encontrado em folhagens (Smithers, 1972). Esse também é o primeiro registro de ocorrência da família em cavernas.

Os psocópteros da família Trichopsocidae são claros, delicados e vivem em folhas (Smithers, 1972; Mockford, 2005). Essa é uma pequena família que contém um gênero e oito espécies, distribuída em todas as regiões zoogeográficas, exceto no Oriente (Yoshizawa, 2002). Esse é o primeiro registro de ocorrência da família no Brasil e em ecossistemas cavernícolas (Lienhard, 2002; Lienhard & Smithers, 2002).

A família Trogiidae possui sete gêneros com ampla distribuição no mundo, sendo que os gêneros *Lepinotus* e *Trogium* são amplamente encontrados associados ao homem. São encontrados em habitações humanas, produtos armazenados, líquens, cascas de árvores, na serrapilheira e em afloramentos rochosos (Smithers, 1972, 1991; Lienhard & Smithers, 2002). Muitos membros desta família têm asas reduzidas, mas nunca são completamente ápteros (Mockford, 2005). Em cavernas, já foram registradas duas espécies dessa família, ambas do gênero *Lepinotus* (Lienhard, 2002). Portanto, esse é o primeiro registro do gênero *Cerobasis* em habitats cavernícolas. Ferreira & Horta (2001) também já coletaram indivíduos dessa família em cavernas brasileiras, porém não os identificaram até o nível genérico. Além de citarem a considerável distribuição de organismos da família Trogiidae em cavernas da região do Vale do rio Peruaçu, também mencionaram a frequente associação desses psocópteros com depósitos de fezes de mocó (*Kerodon rupestris*) (Rodentia: Caviidae), bastantes comuns nas cavernas da área.

Esses novos registros e a descoberta dessas novas espécies indicam claramente a falta de estudos sobre a ordem, não só sob a ótica da bioespeleologia, mas também no país como um todo.

De acordo com os resultados apresentados previamente, o Cerrado foi o bioma que apresentou o maior número de cavernas, seguido pela Caatinga, pela



Mata Atlântica e por último, as regiões de transição entre os biomas. Embora o Cerrado seja o bioma que apresentou o maior número de cavernas inventariadas, as cavidades inseridas nesse bioma não foram as que apresentaram o maior número médio de espécies. As cavernas inseridas na Caatinga foram as que apresentaram o maior número médio de espécies, apesar de esse número ter sido muito próximo entre os diferentes biomas.

Apenas a transição entre os biomas do Cerrado e Mata Atlântica não apresentaram riqueza maior que o número de cavernas inventariadas, sendo que as cavernas inseridas na Caatinga foram as que apresentaram a maior diferença entre riqueza e número de cavernas. Essa maior diferença pode ser consequência dessa região apresentar clima semi-árido, ou seja, condições mais adversas à sobrevivência desses insetos. Assim, as cavernas, que são ambientes mais sombreados e mais úmidos que o sistema externo, podem proporcionar um ambiente mais favorável aos psocópteros, aumentando a riqueza das cavernas inseridas nesse bioma.

A similaridade entre os biomas avaliados nesse estudo foi muito baixa. Apesar disso, as regiões de transição apresentaram alguma similaridade com algum dos biomas pertencentes a essa transição. Na transição Cerrado/Caatinga, as análises de similaridade mostraram que essa região parece receber mais influência da Caatinga, pois apresenta similaridade um pouco maior com esse bioma do que com o Cerrado. Já na outra transição, Cerrado/Mata Atlântica, o bioma Mata Atlântica parece influenciar mais na composição de espécies.

Essas informações, juntamente com os resultados do Teste de Qui-Quadrado, nos possibilitam inferir que o bioma onde as cavernas estão inseridas não interfere na distribuição e na composição dos psocópteros.

No Brasil, existem mais estudos sobre fauna cavernícola em cavernas calcárias, provavelmente por serem mais numerosas e geralmente serem as maiores cavidades (Pinto-da-Rocha, 1995). Em geral, espera-se que a

composição faunística de cavernas não-calcárias seja similar a de cavernas calcárias da mesma região, pois a distribuição geográfica parece ser mais importante do que a rocha constituinte, embora diferenças no desenvolvimento da caverna podem também influenciar na composição da fauna, principalmente diferenças a respeito da presença de taxa troglóbios (Gnaspini & Trajano, 1994). Porém, em um estudo realizado em cavernas da Mata Atlântica, Souza-Silva (2008) encontrou diferenças significativas nas riquezas e abundâncias em cavernas de diferentes litologias, sendo que as cavernas ferruginosas foram as que apresentaram a maior riqueza e a menor similaridade de espécies, comparando-se com as outras litologias. Tal autor concluiu que cavernas associadas às diferentes litologias apresentam comunidades com composições e estruturas claramente distintas, tendo em vista principalmente o modo diferenciado de absorção de espécies que cada litologia apresenta. Mas de acordo com o presente estudo, o tipo de rocha constituinte da caverna parece não influenciar na riqueza de Psocoptera.

Assim como no caso dos biomas, o tipo de litologia que apresentou o maior número de cavernas inventariadas não foi o que apresentou o maior número médio de espécies por cavidade. A litologia que teve o maior número médio de espécies foi o dolomito, seguido pelas cavidades areníticas, ferruginosas, calcárias, quartzíticas e por ultimo, com o menor número médio de espécies, ficaram as cavidades graníticas.

A similaridade também foi baixa no caso das litologias. Apenas as cavernas formadas a partir do granito e de gnaisse, ambas pertencentes ao grupo das magmático-metamórficas, apresentaram similaridade um pouco maior. Os outros tipos de litologias não apresentaram similaridade dentro do mesmo grupo. Esses resultados de similaridade, juntamente com os resultados do Teste de Qui-Quadrado, indicam que o tipo de rocha constituinte da caverna não influencia na

riqueza e distribuição dos insetos da ordem Psocoptera, como anteriormente citado.

Diante dos resultados apresentados, pode-se observar a grande falta de conhecimento sobre a ordem Psocoptera. Embora esses insetos não sejam importantes economicamente, são organismos detritívoros, responsáveis por disponibilizar nutrientes a outros organismos de diversas cadeias tróficas em que participam.

Vale enfatizar também o enorme número de novas espécies encontradas no presente trabalho. Apenas duas famílias, Psyllipsocidae e Prionoglarididae, das 21 encontradas foram enviadas a um especialista. Certamente, as demais famílias deverão conter um grande número de novas espécies, o que novamente demonstra o quase total desconhecimento acerca da ordem no Brasil, ratificado também pelo grande número de novos registros de ocorrências no país.

Do ponto de vista da conservação da biodiversidade, essa falta de conhecimento interfere muito nas políticas destinadas a esse fim. A nova legislação vigente permite a supressão das cavernas brasileiras, porém, um dos critérios para se evitar a degradação desses sistemas é a presença de espécie tipo, ou seja, espécie que só é encontrada em determinada caverna. Inventariamentos mais amplos da fauna podem criar a possibilidade de descoberta de novas espécies, raras ou não, e que contribuiriam muito para a conservação dos ecossistemas cavernícolas brasileiros.

## **6 CONCLUSÕES**

O presente trabalho apresentou dados inéditos sobre a ocorrência e distribuição de psocópteros no Brasil e em cavernas do país, indicando assim a falta de estudos acerca dessa Ordem. Comparados aos outros grupos que também ocorrem em cavernas, praticamente não existe bibliografia específica

sobre esses insetos no ambiente cavernícola, apenas registros de sua presença nesses ambientes.

Nesse trabalho identificou-se 148 espécies, com a família Psyllipsocidae com a maior riqueza. Esses psocópteros foram coletados em cavernas de quinze estados brasileiros, sendo que dez estados tiveram o seu primeiro registro de ocorrência dessa ordem. As famílias Prionoglarididae e Trichopsocidae tiveram seu primeiro registro no país, e onze famílias e 29 gêneros tiveram seu primeiro relato de ocorrência em cavernas.

Esses insetos foram coletados em toda extensão das cavernas, mas a grande maioria foi encontrada nas proximidades das entradas, podendo-se inferir que essa Ordem constitui um importante componente nas comunidades para-epígeas.

De acordo com os resultados, o tipo de rocha formadora da caverna e o bioma onde a mesma está inserida não influenciam na riqueza dos psocópteros em cavernas brasileiras.

Portanto, este trabalho fornece importantes informações sobre a composição e principalmente distribuição de psocópteros em cavernas brasileiras. Embora ainda não se conheça a efetiva “atuação” destes grupos em comunidades para-epígeas, já é nítida a posição de destaque que muitas famílias possuem nestas comunidades, em especial em termos de representatividade e distribuição.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNETT, R. H. **American insects**: a handbook of the insects of America North of Mexico. 2. ed. Boca Raton: CRC, 2000. 1003 p.

ASHMOLE, N. P.; ASHMOLE, M. J. The land fauna of Ascension Island: new data from caves and lava flows, and a reconstruction of the prehistoric ecosystem. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 24, n. 5, p. 549-589, Jan. 1997.

AULER, A. E.; RUBBIOLI, E.; BRANDI, R. **As grandes cavernas do Brasil**. Belo Horizonte: Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, 2001. 228 p.

AZAR, D.; NEL, A. Four new Psocoptera from Lebanese amber (Insecta: Psocomorpha [sic!]: Trogiomorpha). **Annales de la Société Entomologique de France - Nouvelle Série**, Paris, v. 40, n. 2, p. 185-192, 2004.

BADONNEL, A.; LIENHARD, C. Psocoptera. In: JUBERTHIE, C.; DECU, V. **Encyclopaedia Biospeologica**. Paris: Société de Biospéologie Moulis-Bucarest, 1994. v. 1, p. 301-305.

BARR, T. C. Observations of the ecology of caves. **American Naturalist**, Chicago, v. 101, n. 922, p. 474-489, Nov./Dec. 1967.

BAZ, A.; ORTUÑO, V. M. New genera and species of empheriids (Psocoptera: Empheriidae) from the Cretaceous amber of Alava, northern Spain. **Cretaceous Research**, London, v. 22, n. 5, p. 575-584, Oct. 2001.

BERNATH, R. F.; KUNZ, T. H. Structure and dynamics of arthropod communities in bat guano deposits in buildings. **Canadian Journal of Zoology**, Ottawa, v. 59, n. 2, p. 260-270, Feb. 1981.

BORROR, D. J.; DELONG, D. M. **Introdução ao estudo dos insetos**. São Paulo: E. Blücher, 1988. 653 p.

BROADHEAD, E.; WOLDA, H. The diversity of Psocoptera in the two tropical forests in Panama. **Journal of the Animal Ecology**, Oxford, v. 54, n. 3, p. 739-754, Oct. 1985.

CAMACHO, A. I. (Ed.). **The natural history of biospeleology**. Madrid: SCIC, 1992. 680 p. (Monografías del Museo Nacional de Ciencias Naturales).

CENTRO NACIONAL DE ESTUDO, PROTEÇÃO E MANEJO DE CAVERNAS. **Base de dados**. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/>>. Acesso em: 28 out. 2009.

CHAIMOWICZ, F. Levantamento bioespeleológico em algumas grutas de Minas Gerais. **Espeleo-tema**, Campinas, v. 14, p. 97-107, jan. 1984.

COKENDOLPHER, J. C.; POLYAK, V. J. Biology of the caves at sinkhole flat, Eddy county, New Mexico. **Journal of Cave and Karst Studies**, Alabama, v. 58, n. 3, p. 181-192, Dec. 1996.

CONSERVAÇÃO INTERNACIONAL. **Biomass brasileiros**. Disponível em: <<http://www.conservation.org.br>>. Acesso em: 9 set. 2009.

CULVER, D. C. **Cave life, evolution and ecology**. Cambridge: Harvard University, 1982. 189 p.

CULVER, D. C.; WHITE, W. B. **Encyclopedia of caves**. New York: Elsevier Academic, 2004. 654 p.

DESSEN, E. M. B.; ESTON, V. R.; SILVA, M. S.; TEMPERINI-BECK, M. T.; TRAJANO, E. Levantamento preliminar da fauna de cavernas de algumas regiões do Brasil. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 32, n. 6, p. 714-725, dez. 1980.

FERREIRA, R. L. **A medida da complexidade e suas aplicações na conservação e manejo de ecossistemas subterrâneos**. 2004. 166 p. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

FERREIRA, R. L.; HORTA, L. C. S. Natural and impacts on invertebrate communities in brazilian caves. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 61, n. 1, p. 7-17, jan./mar. 2001.

FERREIRA, R. L.; MARTINS, R. P. Trophic structure and natural history of bat guano invertebrate communities, with special reference to Brazilian caves. **Tropical Zoology**, Firenze, v. 12, n. 2, p. 231-252, July 1999.

FERREIRA, R. L.; MARTINS, R. P. Cavernas em risco de “extinção”. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 173, p. 20-28, jul. 2001.

FERREIRA, R. L.; MARTINS, R. P.; YANEGA, D. Ecology of bat guano arthropod communities in a Brazilian dry cave. **Ecotropica**, Bonn, v. 6, n. 2, p. 105-116, Aug. 2000.

FERREIRA, R. L.; POMPEU, P. S. Fatores que influenciam a riqueza e a diversidade da fauna associada a depósitos de guano na gruta Taboa, Sete Lagoas, MG, Brasil. **O Carste**, Belo Horizonte, v. 9, n. 2, p. 30-33, abr. 1997.

FOELIX, R. F. **Biology of spiders**. 2. ed. New York: Oxford University, 1996. 330 p.

GARCIA ALDRETE, A. N. Insecta: psocoptera. In: DANIEL, L. D. **Soil biology guide**. New York: J. Wiley, 1990. chap. 34, p. 1033-1052.

GARCIA ALDRETE, A. N.; MOCKFORD, E. L. A list of Psocoptera (Insecta: Psocodea) from Brazil. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, Mexico, v. 80, n. 1, p. 665-673, ene. 2009.

GILLIESON, D. **Caves: processes, development and management**. Cambridge: Blackwell, 1996. 324 p.

GINES, A.; GINES, J. Karst phenomena and biospeleological environments. In: MUSEO NACIONAL DE CIENCIAS NATURALES. **The natural history of biospeleology, monografias**. Madrid, 1992. p. 31-55.

GNASPINI, P.; TRAJANO, E. Brazilian cave invertebrates, with a checklist of troglomorphic taxa. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 38, n. 3/4, p. 549-584, 1994.

GODOY, N. M. Nota sobre a fauna cavernícola de Bonito, MS. **Espeleo-tema**, Campinas, v. 15, p. 79-91, jan. 1986.

GRIMALDI, D.; ENGEL, M. S. Fossil Liposcelididae and the lice ages (Insecta: Psocodea). **Proceedings of the Royal Society B**, London, v. 273, n. 1586, p. 625-633, Mar. 2006.

HOLSINGER, J. R.; CULVER, D. C. The invertebrate cave fauna of Virginia and a part of eastern Tennessee: zoogeography and ecology. **Brimleyana**, North Carolina, v. 14, p. 1-162, Dec. 1988.

KOHLER, H. C. Geomorfologia carstica. In: TEIXEIRA, A. J. G.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2001. p. 309-334.

JOHNSON, K. P.; YOSHIKAWA, K.; SMITH, V. S. Multiple origins of parasitism in lice. **Proceedings of the Royal Society B**, London, v. 271, n. 1550, p. 1771-1776, Nov. 2004.

LIENHARD, C. Psocoptères nouveaux ou peu connus de quelques îles atlantiques (Canaries, Madère, Açores, Ascension) et de l'Afrique du Nord (Insecta: Psocoptera). **Boletim do Museu Municipal do Funchal (Historia Natural)**, Funchal, v. 267, n. 48, p. 87-151, 1996.

LIENHARD, C. A new genus of Prionoglarididae from a Namibian cave (Insecta: Psocoptera). **Revue Suisse de Zoologie**, Geneva, v. 107, n. 4, p. 871-882, déc. 2000.

LIENHARD, C. Description of a new African genus and a new tribe of Speleketorinae (Psocodea: "Psocoptera": Prionoglarididae). **Revue Suisse de Zoologie**, Geneva, v. 114, n. 3, p. 441-469, sept. 2007.

LIENHARD, C. **Cave psocids**. Disponível em:  
<[http://www.psocodea.org/psocid\\_news/PN\\_3.pdf](http://www.psocodea.org/psocid_news/PN_3.pdf)>. Acesso em: 19 maio 2009.

LIENHARD, C.; ASHMOLE, N. P. *Sphaeropsocopsis myrtleae* sp. n., a blind subterranean psocid from St Helena (Psocoptera: Sphaeropsocidae). **Revue Suisse de Zoologie**, Geneva, v. 106, n. 4, p. 905-912, déc. 1999.

LIENHARD, C.; SMITHERS, C. N. **Psocoptera (Insecta)**: world catalogue and bibliography. Geneva: Muséum d'Histoire Naturelle, 2002. 745 p.

LYAL, C. H. C. Phylogeny and classification of the Psocodea, with particular reference to the lice (Psocodea: Phthiraptera). **Systematic Entomology**, Oxford, v. 10, n. 2, p. 145-165, Apr. 1985.

MOCKFORD, E. L. **North American Psocoptera**. Flórida: Sandhill Crane, 1993. 455 p. (Flora and Fauna Handbook, 10).

MOCKFORD, E. L. Ordem Psocoptera: psocids. In: TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. **Borror and Delong's introduction to the study of insects**. 7. ed. Sacramento: Thomson, 2005. chap. 24, p. 341-355.



PALMER, A. N. Origin and morphology of limestone caves. **Geological Society of America Bulletin**, New York, v. 103, n. 1, p. 1-21, Jan. 1991.

PINTO-DA-ROCHA, R. Sinopse da fauna cavernícola do Brasil (1907-1994). **Papéis Avulsos de Zoologia**, São Paulo, v. 39, n. 6, p. 61-173, 1995.

POULSON, T. L.; WHITE, W. B. The cave environment. **Science**, Washington, v. 165, n. 3908, p. 971-981, Nov. 1969.

PROUS, X. **Comunidade para-epígea na Lapa do Mosquito, Curvelo (MG)**. 2005. 90 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

PROUS, X.; FERREIRA, R. L.; MARTINS, R. P. Ecotone delimitation: epigeal-hypogean transition in cave ecosystems. **Austral Ecology**, Carlton, v. 29, n. 4, p. 374-382, Aug. 2004.

REEVES, W. K. Invertebrate and slime mold cavernicoles of Santee Cave, South Carolina, U.S.A. **Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia**, Philadelphia, v. 151, n. 1, p. 81-85, Dec. 2001.

RICHARDS, O. W.; DAVIES, R. G. **Tratado de entomologia**. Barcelona: Omega, 1983. 998 p.

SMITHERS, C. N. **The classification and phylogeny of the Psocoptera**. Sydney: Government Printer, 1972. 351 p.

SMITHERS, C. N. **Keys to the families and genera of Psocoptera (Arthropoda: Insecta)**. Sydney: Technical Reports of the Australian Museum, 1990. 82 p.

SMITHERS, C. N. Psocoptera. In: COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION. Division of Entomology. **The insects of Australia: a textbook for students and research workers**. 2. ed. New York: Cornell University, 1991. v. 2, chap. 28, p. 412-420.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Mata Atlântica**. Disponível em: <<http://www.sosmatatlantica.org.br>>. Acesso em: 9 set. 2009.

SOUZA-SILVA, M. S. **Dinâmica de disponibilidade de recursos alimentares em uma caverna calcária**. 2003. 77 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SOUZA-SILVA, M. S. **Ecologia e conservação das comunidades de invertebrados cavernícolas na Mata Atlântica brasileira**. 2008. 225 p. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

STEHR, F. W. **Immature insects**. Iowa: Kendall, 1987. 754 p.

TRAJANO, E.; BICHUETE, M. E. **Biologia subterrânea**. São Paulo: Redespeleo Brasil, 2006. v. 1, 92 p.

TRAJANO, E.; MOREIRA, J. R. A. Estudo da fauna de cavernas da província espeleológica arenítica Altamira-Itaituba, Pará. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 51, n. 1, p. 13-29, jan. 1991.

UBICK, D. **Cavernicolous invertebrates of Cave Gulch, Santa Cruz County, California**. Sacramento: Department of Entomology California Academy of Sciences, 2001. Disponível em: <<http://www.parks.ca.gov/pages/734/files/cavebio.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2008.

WEBSTER, J. M.; WHITAKER JUNIOR, J. O. Study of guano communities of big brown bat colonies in Indiana and neighboring Illinois counties. **Northeastern Naturalist**, Steuben, v. 12, n. 2, p. 221-232, June 2005.

WELBOURN, W. C. Invertebrate cave fauna of Kartchner Caverns, Kartchner Caverns, Arizona. **Journal of Cave and Karst Studies**, Huntsville, v. 61, n. 2, p. 93-101, Aug. 1999.

WORLD WILDLIFE FUND. **Natureza brasileira**. Disponível em: <<http://www.wwf.org.br>>. Acesso em: 9 set. 2009.

YOSHIZAWA, K. Phylogeny and higher classification of suborder Psocomorpha (Insecta: Psocodea: "Psocoptera"). **Zoological Journal of the Linnean Society**, London, v. 136, n. 3, p. 371-400, Nov. 2002.

YOSHIZAWA, K.; JOHNSON, K. P. Morphology of male genitalia in lice and their relatives and phylogenetic implications. **Systematic Entomology**, Oxford, v. 31, n. 2, p. 350-361, Apr. 2006.

YOSHIZAWA, K.; LIENHARD, C.; JOHNSON, K. P. Molecular systematic of the suborder Trogiomorpha (Insecta: Psocodea: "Psocoptera"). **Zoological Journal of the Linnean Society**, London, v. 146, n. 2, p. 287-299, Feb. 2006.

ZEPPELINI FILHO, D.; RIBEIRO, A. C.; RIBEIRO, G. C.; FRACASSO, M. P. A.; PAVANI, M. M.; OLIVEIRA, O. M. P.; OLIVEIRA, S. A.; MARQUES, A. C. Faunistic survey of sandstone caves from Altinópolis region, São Paulo state, Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, São Paulo, v. 43, n. 5, p. 93-99, 2003.

## ANEXOS

	<b>Página</b>
ANEXO A	
TABELA 1A	
Lista das cavernas onde os psocópteros foram coletados, com respectivo Município, Estado, Bioma, Litologia, Riqueza, Família e Número de espécies novas .....	90

TABELA 1A Lista das cavernas onde os psocópteros foram coletados, com respectivo município, estado, bioma, litologia, riqueza, família e número de espécies novas (A, Arenito; C, Calcário; Calc, Calcarenito; Congl, Conglomerado; D, Dolomito; Gn, Gnaisse; Gra, Granito; Mar, Mármore; MF, Minério de Ferro; Q, Quartzito; Caa, Caatinga; Ce, Cerrado; MA, Mata Atlântica).

Caverna	Município	Estado	Bioma	Litologia	Riqueza	Família	Nº de espécies novas
G. Morcego	Delmiro Gouveia	AL	Caa	Gn	1	Psyllipsocidae	
Toca da Raposa 1	Murici	AL	MA	Gra	3	Epipsocidae, Psyllipsocidae	1
Toca da Raposa 2	Murici	AL	MA	Gra	1	Psyllipsocidae	
Lapa do Convento	Campo Formoso	BA	Caa	D	4	Liposcelididae, Psyllipsocidae	
Toca do Angico	Campo Formoso	BA	Caa	D	3	Liposcelididae, Psyllipsocidae, Trogiidae	1
Toca da Barriguda	Campo Formoso	BA	Caa	D	1	Liposcelididae	
Toca do Morrinho	Campo Formoso	BA	Caa	D	4	Liposcelididae, Psyllipsocidae	1
Toca do Pitú	Campo Formoso	BA	Caa	D	1	Prionoglarididae	1
Toca do Tiquara	Campo Formoso	BA	Caa	D	2	Liposcelididae, Psyllipsocidae	
Toca d'Água	Curaçá(Patamutê)	BA	Caa	D	2	Psyllipsocidae	1
Cova da Onça II	Ilha de Boipeba	BA	MA	Calc	1	Lepidopsocidae	
Lapa do Bode	Itaetê	BA	Caa	C	1	Psyllipsocidae	
G. da Mangabeira	Ituaçu	BA	Caa	C	3	Lepidopsocidae, Psyllipsocidae	
Lapa do Baixão	Iuiú	BA	Caa	C	5	Psyllipsocidae, Ptiloneuridae	
Toca dos Ossos	Ourolândia	BA	Caa	C	2	Liposcelididae, Prionoglarididae	1
G. do Ioiô	Palmeiras	BA	Caa	C	2	Liposcelididae, Prionoglarididae	1
G. da Beleza	São Desidério	BA	Caa	C	2	Psyllipsocidae	

“...continua...”

“TABELA 1A, Cont.”

G. do Catitu	São Desidério	BA	Caa	C	2	Psyllipsocidae, Ptiloneuridae	1
G. do Riachinho	São Desidério	BA	Caa	C	4	Psyllipsocidae, Ptiloneuridae	
G. Sum. João Baio	São Desidério	BA	Caa	C	3	Psyllipsocidae, Ptiloneuridae	2
G. L. Santa Luzia	Santa Luzia	BA	MA	Congl	1	Lepidopsocidae	
G. Jurema	Vargem Grande	BA	Caa	C	1	Psyllipsocidae	1
G. do Sobradinho	Aiuaba	CE	Caa	C	2	Psyllipsocidae	1
G. Brejinho	Araripe	CE	Caa	A	2	Liposcelididae, Psyllipsocidae	1
G. Veado Campeiro	Tejuçoca	CE	Caa	Mar	4	Psyllipsocidae	2
G. Araticum	Ubajara	CE	Caa	C	2	Psyllipsocidae	2
G. dos Mocós	Ubajara	CE	MA	C	1	Psyllipsocidae	
G. Morcego Branco	Ubajara	CE	MA	C	2	Psyllipsocidae	1
G. de Ubajara	Ubajara	CE	MA	C	3	Psyllipsocidae	1
G. do Limoeiro	Castelo	ES	MA	C	2	Psyllipsocidae	
G. do André Huscki	Santa Teresa	ES	MA	Gra	2	Psyllipsocidae, Ptiloneuridae	
G. do Archi. Passini	Vargem Alta	ES	MA	Gra	1	Psyllipsocidae	
G. de Santa Bárbara	V. N. Imigrante	ES	MA	Gra	1	Lepidopsocidae	
L. Cór. dos Porcos	Damianópolis	GO	Ce	C	4	Liposcelididae, Psyllipsocidae	2
L. Cór. Extrema I	Mambáí	GO	Ce	C	3	Epipsocidae, Liposcelididae, Pseudocaeciliidae	
C. do Alinhamento	Arcos	MG	Ce	C	1	Psyllipsocidae	
C. da Bocaininha 2	Arcos	MG	Ce	C	1	Lepidopsocidae	
C. da Bocaininha 3	Arcos	MG	Ce	C	1	Psyllipsocidae	1
C. da Bocaininha 4	Arcos	MG	Ce	C	2	Amphientomidae, Lepidopsocidae	

“...continua...”

“TABELA 1A, Cont.”

C. da Bocaininha 7	Arcos	MG	Ce	C	1	Pachytroctidae	
C. da Bocaininha 8	Arcos	MG	Ce	C	2	Ectopsocidae, Lepidopsocidae	
G. Caneleira I, II	Arcos	MG	Ce	C	1	Lepidopsocidae	
Gruta CSN	Arcos	MG	Ce	C	2	Lepidopsocidae, Myopsocidae	
G. Depósito	Arcos	MG	Ce	C	2	Lepidopsocidae, Liposcelididae	
G. do Funil	Arcos	MG	Ce	C	1	Ptiloneuridae	
G. Labirinto	Arcos	MG	Ce	C	4	Peripsocidae, Psyllipsocidae, Ptiloneuridae	1
G. da Limeira	Arcos	MG	Ce	C	1	Psyllipsocidae	
G. Maria Sapuda	Arcos	MG	Ce	C	1	Caeciliusidae	
Meand. Pass. Gde	Arcos	MG	Ce	C	2	Liposcelididae, Psyllipsocidae	
G. Passagem Coral	Arcos	MG	Ce	C	2	Caeciliusidae, Psocidae	
Ponto 15	Arcos/Itaú	MG	Ce	C	1	Ptiloneuridae	
Ponto 27	Arcos/Itaú	MG	Ce	C	1	Lepidopsocidae	
Ponto 41	Arcos/Itaú	MG	Ce	C	1	Peripsocidae	
G. do Mangabeiras	Belo Horizonte	MG	Ce	MF	1	Lepidopsocidae	
G. de Maquiné	Cordisburgo	MG	Ce	C	7	Lachesillidae, Lepidopsocidae, Psyllipsocidae, Ptiloneuridae	
G. Salitre	Cordisburgo	MG	Ce	C	2	Lepidopsocidae, Ptiloneuridae	
G. J. do Pó Calcário	Coromandel	MG	Ce	C	1	Psyllipsocidae	1
Lapa d'Água	Coromandel	MG	Ce	C	1	Ptiloneuridae	
G. Ronan	Coromandel	MG	Ce	C	2	Lepidopsocidae, Psyllipsocidae	
G. Ronan II	Coromandel	MG	Ce	C	1	Psyllipsocidae	
G. do Salitre	Diamantina	MG	Ce	C	2	Lachesillidae, Psyllipsocidae	

“...continua...”

“TABELA 1A, Cont.”

A 2	Doresópolis	MG	Ce	C	1	Lepidopsocidae	
D 3	Doresópolis	MG	Ce	C	1	Lepidopsocidae	
Gruta 1	Doresópolis	MG	Ce	C	1	Psyllipsocidae	
Ponto 2	Doresópolis	MG	Ce	C	1	Ptiloneuridae	
Ponto 3	Doresópolis	MG	Ce	C	1	Ptiloneuridae	
Ponto 27	Doresópolis	MG	Ce	C	1	Lepidopsocidae	
Ponto 34	Doresópolis	MG	Ce	C	3	Cladiopsocidae, Psocidae	
Ponto 36	Doresópolis	MG	Ce	C	1	Lepidopsocidae	
Ponto 37	Doresópolis	MG	Ce	C	1	Ptiloneuridae	
G. Cach. Reinaldo	Felisburgo	MG	Ce	Gra	1	Lepidopsocidae	
G. Coruja Deduzida	Iguatama	MG	Ce	C	2	Lachesillidae, Ptiloneuridae	
G. Parede Desc.	Iguatama	MG	Ce	C	1	Ptiloneuridae	
G. Mina do Pico 1	Itabirito	MG	Ce/MA	MF	1	Psyllipsocidae	1
G. Mina do Pico 8	Itabirito	MG	Ce/MA	MF	4	Asiopsocidae, Epipsocidae, Psyllipsocidae	1
G. Mina do Pico 9	Itabirito	MG	Ce/MA	MF	1	Psyllipsocidae	
G. Mina do Pico 10	Itabirito	MG	Ce/MA	MF	1	Psyllipsocidae	
G. Mina do Pico 11	Itabirito	MG	Ce/MA	MF	1	Psyllipsocidae	
G. Bonita	Itacarambi	MG	Ce/Caa	C	1	Psyllipsocidae	1
Baix. Crioulos I	I. Mato Dentro	MG	MA	Q	1	Ptiloneuridae	
Baix. Crioulos II	I. Mato Dentro	MG	MA	Q	4	Asiopsocidae, Lepidopsocidae, Psyllipsocidae, Trichopsocidae	1
G. Santo Antônio	Itumirim	MG	Ce	C	2	Psyllipsocidae, Ptiloneuridae	
G. Brejal	Januária/Itac.	MG	Ce/Caa	C	1	Psyllipsocidae	1

“...continua...”



“TABELA 1A, Cont.”

G. do Caboclo	Januária/Itac.	MG	Ce/Caa	C	3	Liposcelididae, Prionoglarididae, Psyllipsocidae	2
G. do Janelão	Januária/Itac.	MG	Ce/Caa	C	3	Prionoglarididae, Psyllipsocidae	3
Toca dos Ossos	Januária	MG	Ce/Caa	C	1	Prionoglarididae	1
G. Agazão	Lagoa da Prata	MG	Ce	C	1	Ptiloneuridae	
Diaclase V	Lagoa da Prata	MG	Ce	C	1	Ptiloneuridae	
G. Papo Cabeça	Lagoa da Prata	MG	Ce	C	2	Lepidopsocidae, Ptiloneuridae	
G. Salão	Lagoa da Prata	MG	Ce	C	1	Psyllipsocidae	1
G. da Lapinha	Lagoa Santa	MG	Ce	C	4	Lachesillidae, Lepidopsocidae, Psyllipsocidae, Ptiloneuridae	
G. das Bromélias	Lima Duarte	MG	MA	Q	1	Epipsocidae	
G. das Casas	Lima Duarte	MG	MA	Q	1	Epipsocidae	
G. Fugitivos	Lima Duarte	MG	MA	Q	1	Ptiloneuridae	
G. do Martiniano	Lima Duarte	MG	MA	Q	2	Epipsocidae, Lepidopsocidae	
G. dos Moreiras	Lima Duarte	MG	MA	Q	1	Peripsocidae	
G. Irmãos Piriás	Matozinhos	MG	Ce	C	3	Lepidopsocidae, Psyllipsocidae, Ptiloneuridae	
G. Lavoura	Matozinhos	MG	Ce	C	2	Psyllipsocidae	
Lateral da Urtiga I	Matozinhos	MG	Ce	C	1	Lepidopsocidae	
G. Maritacas	Matozinhos	MG	Ce	C	1	Lepidopsocidae	
Mean. Abismante	Matozinhos	MG	Ce	C	2	Psyllipsocidae, Ptiloneuridae	
G. Passagem Sima	Matozinhos	MG	Ce	C	1	Lachesillidae	
G. Pequenos III	Matozinhos	MG	Ce	C	1	Psyllipsocidae	1
G. S. Moeda Sul 4	Moeda	MG	Ce/MA	MF	1	Lepidopsocidae	
G. S. Moeda Sul 29	Moeda	MG	Ce/MA	MF	1	Philotarsidae	

“...continua...”

“TABELA 1A, Cont.”

G. S. Moeda Sul	Moeda	MG	Ce/MA	MF	5	Epipsocidae, Lepidopsocidae, Psyllipsocidae	1
G.I.N.S.Perp Soc.	Montalvânia	MG	Caa	C	2	Psyllipsocidae	1
G. do Sr. Zé	Montalvânia	MG	Caa	C	1	Psyllipsocidae	
Capão Xavier	Nova Lima	MG	Ce/MA	MF	1	Epipsocidae	
Capão Xavier 5	Nova Lima	MG	Ce/MA	MF	1	Lepidopsocidae	
G. Rola Moça 1A	Nova Lima	MG	Ce/MA	MF	1	Epipsocidae	
G. Rola Moça 2A	Nova Lima	MG	Ce/MA	MF	3	Epipsocidae	
G. Rola Moça 3A	Nova Lima	MG	Ce/MA	MF	1	Ptiloneuridae	
L. C.Americaninha	N. O. de Minas	MG	MA	Gra	1	Ptiloneuridae	
Loca Serra Jardim	N. O. de Minas	MG	MA	Gra	1	Ptiloneuridae	
Toca do Zé Branco	N. O. de Minas	MG	MA	Gra	1	Peripsocidae	
L. Córrego Vieira	Padre Paraíso	MG	MA	Gra	1	Lepidopsocidae	
Abis. Massambará	Pains	MG	Ce	C	3	Amphientomidae, Pachytroctidae, Ptiloneuridae	
B10	Pains	MG	Ce	C	2	Lachesillidae, Liposcelididae	
Buraco do Kate	Pains	MG	Ce	C	2	Psocidae	
Buraco do Nando	Pains	MG	Ce	C	1	Psyllipsocidae	1
G. Borboleta Azul	Pains	MG	Ce	C	1	Lepidopsocidae	
G. da Brasical	Pains	MG	Ce	C	2	Psyllipsocidae	1
G. do Brega	Pains	MG	Ce	C	2	Liposcelididae, Ptiloneuridae	
G. Brejão	Pains	MG	Ce	C	1	Psyllipsocidae	1
C 12	Pains	MG	Ce	C	1	Ptiloneuridae	
Capão Ducal	Pains	MG	Ce	C	3	Amphientomidae, Lachesillidae, Psyllipsocidae	

“...continua...”

“TABELA 1A, Cont.”

G. Canudos	Pains	MG	Ce	C	2	Dolabellopsocidae, Ptiloneuridae	
G. Coruja Branca	Pains	MG	Ce	C	2	Lachesillidae, Psyllipsocidae	
G. Davi	Pains	MG	Ce	C	1	Lepidopsocidae	
G. da Divisa	Pains	MG	Ce	C	1	Lepidopsocidae	
G. Figo	Pains	MG	Ce	C	1	Philotarsidae	
G. Lanchonete	Pains	MG	Ce	C	2	Psyllipsocidae, Ptiloneuridae	
Mass. Arqueo	Pains	MG	Ce	C	2	Psocidae, Ptiloneuridae	
G. Paiol de Milho	Pains	MG	Ce	C	2	Psyllipsocidae	2
G. Paranoá	Pains	MG	Ce	C	3	Lepidopsocidae, Psyllipsocidae	1
G. Passagem	Pains	MG	Ce	C	1	Ptiloneuridae	
G. Pasto	Pains	MG	Ce	C	2	Lachesillidae, Ptiloneuridae	
G. Peg. Submersas	Pains	MG	Ce	C	1	Ptiloneuridae	
G. do Peixe	Pains	MG	Ce	C	1	Ptiloneuridae	
G. da Perdição	Pains	MG	Ce	C	1	Ptiloneuridae	
G. Quimuale I	Pains	MG	Ce	C	1	Amphientomidae	
G. do Retiro	Pains	MG	Ce	C	1	Psyllipsocidae	
G. Ronco	Pains	MG	Ce	C	3	Lachesillidae, Psyllipsocidae	1
G. Saldanha	Pains	MG	Ce	C	2	Lepidopsocidae, Ptiloneuridae	
G. Sanguera	Pains	MG	Ce	C	2	Lachesillidae, Lepidopsocidae	
G. Sobradinho	Pains	MG	Ce	C	2	Amphientomidae, Pachytroctidae	
G. Tamboril	Pains	MG	Ce	C	1	Lachesillidae	
Gruta 4	Prud. de Morais	MG	Ce	C	1	Psyllipsocidae	

“...continua...”

“TABELA 1A, Cont.”

Gruta 8	Prud. de Morais	MG	Ce	C	1	Lepidopsocidae	
G. dos Palhares	Sacramento	MG	MA	A	1	Lepidopsocidae	
G. do Rio Suaçuí	S. Rita do Suaçuí	MG	Ce	Gra	2	Psyllipsocidae	
G. da Fonte Samuel	S. S. do Paraíso	MG	MA	Gra	1	Psyllipsocidae	
G. do Chifre	Sete Lagoas	MG	Ce	C	1	Ptiloneuridae	
G. Detonada	Sete Lagoas	MG	Ce	C	1	Psyllipsocidae	
G. do Morrote I	Sete Lagoas	MG	Ce	C	1	Lepidopsocidae	
G. Rei do Mato	Sete Lagoas	MG	Ce	C	2	Lepidopsocidae, Psyllipsocidae	
G. Taboa	Sete Lagoas	MG	Ce	C	2	Liposcelididae, Psyllipsocidae	
G. da Lavra Cristal	Teófilo Otoni	MG	MA	Gra	1	Lepidopsocidae	
L. da Vaca Parida	Teófilo Otoni	MG	MA	Gra	2	Psyllipsocidae	
G. da Escarpa	Vazante	MG	Ce	D	2	Lepidopsocidae, Psyllipsocidae	1
G. Não Cadastrada	Vazante	MG	Ce	D	1	Lepidopsocidae	
Kiogo Brado	Campo Verde	MT	Ce	A	5	Epipsocidae, Psyllipsocidae, Ptiloneuridae	2
G. do Meu Rei	Buíque	PE	Caa	A	1	Liposcelididae	
Toca do Gato	Buíque	PE	Caa	A	2	Lepidopsocidae, Psyllipsocidae	
G. Coroa de Frade	Cel. José Dias	PI	Caa	C	2	Liposcelididae, Psyllipsocidae	1
T. Baixão Ana M <sup>a</sup>	Cel. José Dias	PI	Caa	A	1	Liposcelididae	
Toca do Garrincho	Cel. José Dias	PI	Caa	C	2	Liposcelididae, Psyllipsocidae	1
Toca do Inferno	Cel. José Dias	PI	Caa	A	3	Liposcelididae, Psyllipsocidae	2
Toca das Moendas	Cel. José Dias	PI	Caa	C	2	Liposcelididae, Psyllipsocidae	1
G. da Água Boa	Al. Tamandaré	PR	MA	D	2	Lepidopsocidae, Psyllipsocidae	

“...continua...”

“TABELA 1A, Cont.”

Furna Abissal	Felipe Guerra	RN	Caa	C	1	Psyllipsocidae	
G. Carrapateira	Felipe Guerra	RN	Caa	C	1	Psyllipsocidae	1
G. da Catedral	Felipe Guerra	RN	Caa	C	1	Psyllipsocidae	1
G. Roncador	Felipe Guerra	RN	Caa	C	1	Psyllipsocidae	1
G. Lab. do Angico	G. Dix-S. Rosado	RN	Caa	C	2	Psyllipsocidae	
G. Aroeira	Jandaíra	RN	Caa	C	1	Psyllipsocidae	1
Casa de Pedra	Martins	RN	Caa	C	1	Liposcelididae	
G. do Guano	Pedra Grande	RN	Caa	C	1	Psyllipsocidae	
F. Lagoa de Itapeva	Torres	RS	MA	A	1	Psyllipsocidae	
G. Furna do Posto I	Sombrio	SC	MA	A	1	Lepidopsocidae	
G. do Cinema	Vidal Ramos	SC	MA	C	1	Lepidopsocidae	
G. Edgar I	Altinópolis	SP	MA	A	1	Psyllipsocidae	1
G. do Itambé	Altinópolis	SP	MA	A	5	Epipsocidae, Lepidopsocidae, Psyllipsocidae	
G. do Paraná	Altinópolis	SP	MA	A	2	Psyllipsocidae	1
Olho de Cabra	Altinópolis	SP	MA	A	1	Psyllipsocidae	
Toca de Itirapina	Itirapina	SP	MA	A	1	Psyllipsocidae	
G. 4º Patamar	Santo André	SP	MA	Gra	1	Ptiloneuridae	
G. Asa Branca 2	A. do Tocantins	TO	Ce	C	1	Prionoglarididae	1
G. Biritite	A. do Tocantins	TO	Ce	C	1	Prionoglarididae	1
G. Couve-Flor	A. do Tocantins	TO	Ce	C	1	Prionoglarididae	1
G. Rãs	A. do Tocantins	TO	Ce	C	1	Psyllipsocidae	1