

## **COMPOSIÇÃO, RIQUEZA E DIVERSIDADE DE INVERTEBRADOS EM CAVERNAS DE DIANÓPOLIS (TO)**

*Rodrigo Lopes Ferreira*  
*Universidade Federal de Lavras*  
*E-Mail: drops@dbi.ufla.br*

*Rafael Costa Cardoso*  
*Universidade Federal de São João del Rei*  
*E-Mail: uca\_rafael@yahoo.com.br*

*Marconi Souza Silva*  
*Universidade Federal de Lavras*  
*E-Mail: marconisilva@dbi.ufla.br*

### **RESUMO**

O presente estudo buscou avaliar a estrutura das comunidades de invertebrados terrestres em quatro cavernas calcárias no município de Dianópolis, estado do Tocantins. Além da composição da fauna, riqueza, diversidade e similaridade temporal e espacial entre as cavernas, foram qualificados os recursos orgânicos macroscópicos e as alterações de origem antrópica no interior e entorno das cavidades (250m). Em coletas nos períodos de seca e chuva realizadas em junho e novembro de 2012 foram observados 431 espécies de invertebrados pertencentes a pelo menos 97 famílias. Os táxons Hexapoda (281 spp), Arachnida (112 spp) e Myriapoda (23 spp) apresentaram as maiores riquezas, sendo as ordens Coleoptera (70 spp), Araneae (62 spp), Diptera (54 spp), Hymenoptera (49 spp) e Acari (30 spp) as mais ricas. Dentre as espécies de invertebrados encontradas, um Isopoda (Styloniscidae), um Coleoptera (Scydmaeninae), duas espécies de aranhas (Nesticidae e Symphytognathidae – *Anapistula* sp.), uma espécie de Hymenoptera (Formicidae: *Amblyopone* sp.) e um Diplopoda (Polydesmida) apresentaram características troglomórficas. A riqueza média observada para as cavernas foi de  $53,5 \pm 14$  espécies, a diversidade média foi de  $3,7 \pm 0,46$  e a equitabilidade média correspondeu a  $0,93 \pm 0,085$ . As quatro cavernas apresentaram, tanto entre os períodos amostrais, quanto entre as próprias cavernas, uma alta substituição de espécies. De forma geral, cavernas apresentaram-se em excelente estado de conservação, porém alguns impactos foram observados no ambiente externo, que provavelmente causaram modificações físicas e biológicas na paisagem.

### **ABSTRACT**

This study aimed to evaluate the structure of terrestrial invertebrate communities in four limestone caves in the municipality of Dianópolis, Tocantins state. In addition to the faunal composition, richness, diversity, and temporal and spatial similarity, we qualified macroscopic organic resources and anthropogenic impacts inside and surrounding the caves (250m). The collections were held in the dry and wet periods (June and November 2012, respectively), and a total of 431 invertebrates species was found, belonging to at least 97 families. The taxa Hexapoda (281 spp), Arachnida (112 spp)

and Myriapoda (23 spp) had the highest richness, and the orders Coleoptera (70 spp), Araneae (62 spp), Diptera (54 spp), Hymenoptera (49 spp) and Acari (30 spp) were the richest orders. Among the observed species, one Isopoda (Styloniscidae), one Coleoptera (Scydmaeninae), two spiders (Nesticidae, Symphytognathidae - *Anapistula* sp.), one Hymenoptera (Formicidae: *Amblyopone* sp) and one Diplopoda (Polydesmida) presented troglomorphic traits. The average richness was  $53,5 \pm 14$  species, the average diversity was  $3,7 \pm 0,46$  and the average evenness corresponded to  $0,93 \pm 0,085$ . The four caves presented a high species turnover. In general, the caves presented an excellent status of conservation, although some epigeal impacts were observed, probably causing physical and biological changes in the landscape.

## INTRODUÇÃO

Estima-se que cerca de 200 mil km<sup>2</sup> do território brasileiro sejam compostos de áreas cársticas (Auler et al., 2001). A grande maioria das cavernas brasileiras se insere em sistemas cársticos (carbonáticos) e tiveram sua origem a partir de redes de drenagens difusas ou concentradas (Gilbert et al., 1994). No entanto, boa parte desta enorme extensão territorial permanece inexplorada, de modo que o número de cavernas cadastradas no Brasil (cerca de 16.000) (CECAV, 2016) certamente representa apenas uma pequena parte do total existente.

Embora existam inúmeros estudos acerca das cavernas brasileiras, grande parte se concentra em aspectos geológicos destes sistemas (Cruz Jr. et al., 2005; Salum Filho & Karmanm, 2007; Willens et al., 2008; Hardt & Pinto, 2009; Auler et al., 2014). Nesta perspectiva, a fauna cavernícola brasileira pode ainda ser considerada bastante desconhecida, tendo em vista que estudos nesta temática, embora tenham se iniciado há algumas décadas (Dessen et al., 1980; Chaimowicz, 1984; Godoy, 1986; Trajano & Gnaschini, 1986, Trajano 1987; Gnaschini & Trajano, 1994; Trajano, 2000), somente foram intensificados nos últimos anos (Souza-Silva et al., 2012; Fernandes et al., 2013; Cordeiro et al., 2014; Simões et al., 2015; Souza-Silva & Ferreira, 2015; Ferreira et al., 2015a; Souza-Silva & Ferreira, 2016, dentre outros).

No entanto, embora tenha havido uma intensificação de estudos sobre comunidades de invertebrados subterrâneos no Brasil nos últimos anos, os mesmos abrangeram, principalmente, algumas poucas regiões do Sudeste (Souza-Silva et al., 2011b; Pellegrini & Ferreira, 2012; Souza silva et al., 2012; Iniesta et al., 2012; Souza-Silva & Ferreira, 2015; Prous et al., 2015; Pellegrini et al., 2016) e Nordeste (Ferreira et al., 2010; Dáttilo et al., 2012; Simões et al., 2014; Gallão & Bichuette, 2015; Araújo & Peixoto, 2015). Desta forma, algumas regiões, como a região norte do país, receberam pouca atenção no que se refere a estudos sobre comunidades ou taxocenoses de invertebrados cavernícolas (Ogawa et al., 2016; Ferreira et al., 2015b). No estado de Tocantins, até o momento, pouquíssimos trabalhos foram publicados acerca da fauna cavernícola (Oliveira et al 2008; Lienhard et al., 2010; De Paula et al., 2014) e, embora não tenham considerado as comunidades como um todo, já evidenciam o potencial bioespeleológico das cavernas do estado.

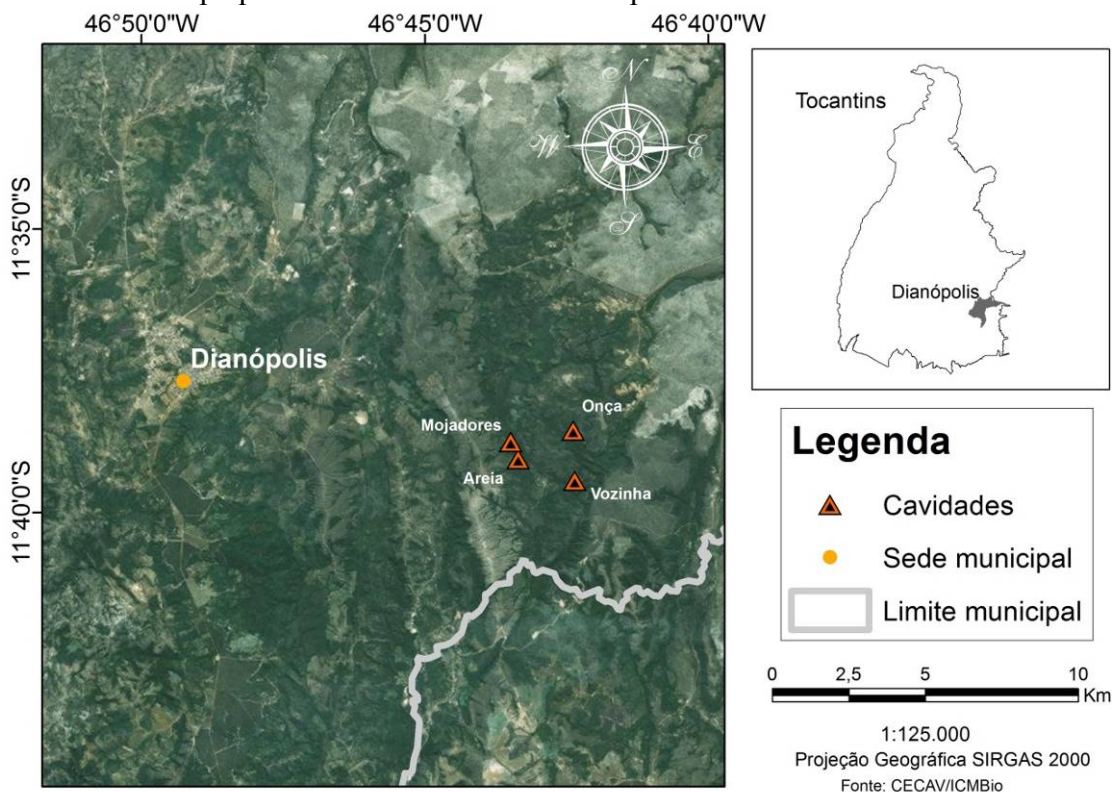
O mapeamento da biodiversidade subterrânea tem sido uma ferramenta primordial para a conservação, manejo e monitoramento da fauna em regiões naturais ou antropizadas (Culver & Sket, 2000, Souza-Silva et al., 2011b; Souza-Silva et al., 2015). Estudos de caracterização biológica de cavernas se tornam ainda mais importantes em áreas pouco estudadas, já que fornecem dados que permitirão contextualizações cada vez mais precisas da fauna subterrânea em diferentes regiões do país. Nesta perspectiva, e tendo em vista o grande desconhecimento sobre a fauna cavernícola do estado do Tocantins, o presente estudo buscou avaliar a composição, riqueza, diversidade e similaridade temporal e espacial das comunidades de invertebrados terrestres em cavidades naturais subterrâneas localizadas no município de

Dianópolis (Tocantins). As cavernas também foram caracterizadas quanto ao status trófico e o grau de impacto no interior e entorno imediato.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### *Área de estudo*

O estudo foi desenvolvido no município de Dianópolis, localizado no sudeste do estado do Tocantins ( $11^{\circ}37'40''$  /  $46^{\circ}49'14''$ ), que possui altitudes em torno de 720 metros (Figura 1). O clima na região é considerado tropical-equatorial, úmido a subúmido com pequena deficiência hídrica e temperatura média anual do ar de  $25^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 1** - Mapa representando a localização geográfica das cavernas estudadas no Município de Dianópolis – TO.

A vegetação predominante é o cerrado, apresentando um mosaico da vegetação típica do bioma, composta por diversas fitofisionomias (INVTUR, 2008). Neste estudo foram realizadas coletas de invertebrados terrestres nas cavernas Mojadores, Areias, Onça e Vozinha nos períodos de seca (junho de 2012; precipitação média de oito mm) e chuva (Novembro 2012; precipitação média de 234 mm) na região cárstica de Dianópolis (Fonte: INMET, 2016).

A gruta da onça é uma caverna de arquitetura complexa, com codutos de diferentes configurações, que denotam uma intrincada rede de galerias, muitas das quais não topografadas ou devidamente exploradas, possuindo cerca de 400 metros de projeção horizontal. A gruta Mojadores é uma cavidade bastante singular, em função de seu grande isolamento em relação ao sistema externo, condicionado basicamente por suas duas entradas de reduzidas dimensões e com aproximadamente 155 metros de projeção. A gruta Areia possui condições quase opostas às observadas na gruta dos Mojadores, possuindo uma entrada de amplas dimensões e 156 metros de projeção, o que determina uma grande influência das condições externas sobre a atmosfera da caverna. A gruta Vozinha é uma cavidade bastante volumosa e, embora boa parte da caverna desenvolva-se na mesma direção de fluxo da atual drenagem, algumas porções conformam condutos e galerias superiores, atualmente desconectadas de uma influência

direta desta drenagem. Esta caverna possui uma única entrada conhecida e cerca de 270 metros de projeção.

#### *Procedimentos de coleta*

A coleta dos invertebrados cavernícolas se deu por captura manual (com o auxílio de pinças e pincéis) em todos os biótopos potenciais no interior de cada caverna, conforme metodologia proposta por Ferreira (2004). Foram coletados somente espécimes não identificados *in loco*, o que corresponde a um percentual reduzido da fauna de cada cavidade. Tal procedimento minimiza enormemente os impactos em relação a uma coleta exaustiva, não recomendada em casos onde se faz necessária uma nova coleta no período subsequente (Oliveira, 2014).

Os organismos foram coletados e fixados em álcool 70%. Os mesmos foram depositados na coleção de invertebrados subterrâneos (ISLA) do Centro de Estudos em Biologia Subterrânea do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras.

Todos os invertebrados coletados foram identificados até o nível taxonômico possível e agrupados em morfoespécies. Tal identificação resultou em dados de riqueza de espécies (número de espécies). Os indivíduos de cada espécie foram contabilizados a partir de mapas de distribuição das espécies, produzidos durante as coletas em cada cavidade, para as estimativas de abundância. A diversidade e equitabilidade de cada caverna em cada estação foram calculadas por meio do índice de Shannon-Wiener e de Pielou (Magurram, 2004).

Para caracterização de espécies potencialmente troglóbias, foi realizada a identificação de troglomorfismos (características morfológicas), como redução da pigmentação melânica, redução de estruturas oculares, alongamento de apêndices, dentre outras, que podem variar consideravelmente entre grupos taxonômicos distintos (Culver & Pipan, 2009).

#### *Análises de dados*

Para cada caverna, foi determinada a riqueza (número total de espécies) nos períodos de seca e chuva e riqueza total (somatório das espécies observadas em cada período). Foi construída uma curva do “coletor”, que consiste na plotagem do número acumulativo de espécies em cada evento amostral nas cavernas. A curva acumulativa de espécies foi comparada à tendência esperada, segundo os dados gerados pelo modelo Jack-Knife 1 e 2. Além disso, foram também construídas curvas de rarefação para cada uma das cavernas amostradas, também no intuito de se evidenciar se a amostragem foi ou não satisfatória (Magurram, 2004).

Foram calculados os índices de similaridade de Bray-Curtis (Magurram, 2004) entre cada caverna e entre os diferentes períodos do ano. A partir dos dados de similaridade foram realizadas análises de n-MDS para evidenciar situação geral de similaridade entre as cavernas e entre períodos do ano (utilizando-se dados qualitativos e quantitativos). O teste T de student foi utilizado para verificar diferenças na riqueza e abundância das espécies entre os períodos de seca e chuva do ano.

Foi determinado o “turnover” de espécies em cada período do ano e entre as cavernas em um mesmo período ( $\beta$  diversidade). Tal parâmetro determina a porcentagem de substituição de espécies entre cavernas e eventos amostrais. Desta forma, comparando-se as comunidades observadas em cada uma das coletas, determinou-se o “turnover” a partir de dados de presença e ausência através do índice de Harrison et al. (1992), modificado de Whittaker (1960), no intuito de se comparar amostras de diferentes tamanhos. (Koleff et al., 2003).

#### *Impactos e recursos orgânicos para a fauna*

Realizou-se a identificação e avaliação visual dos impactos ambientais (reais e potenciais) advindos das alterações humanas nos ambientes das cavidades e em seu entorno (250m).

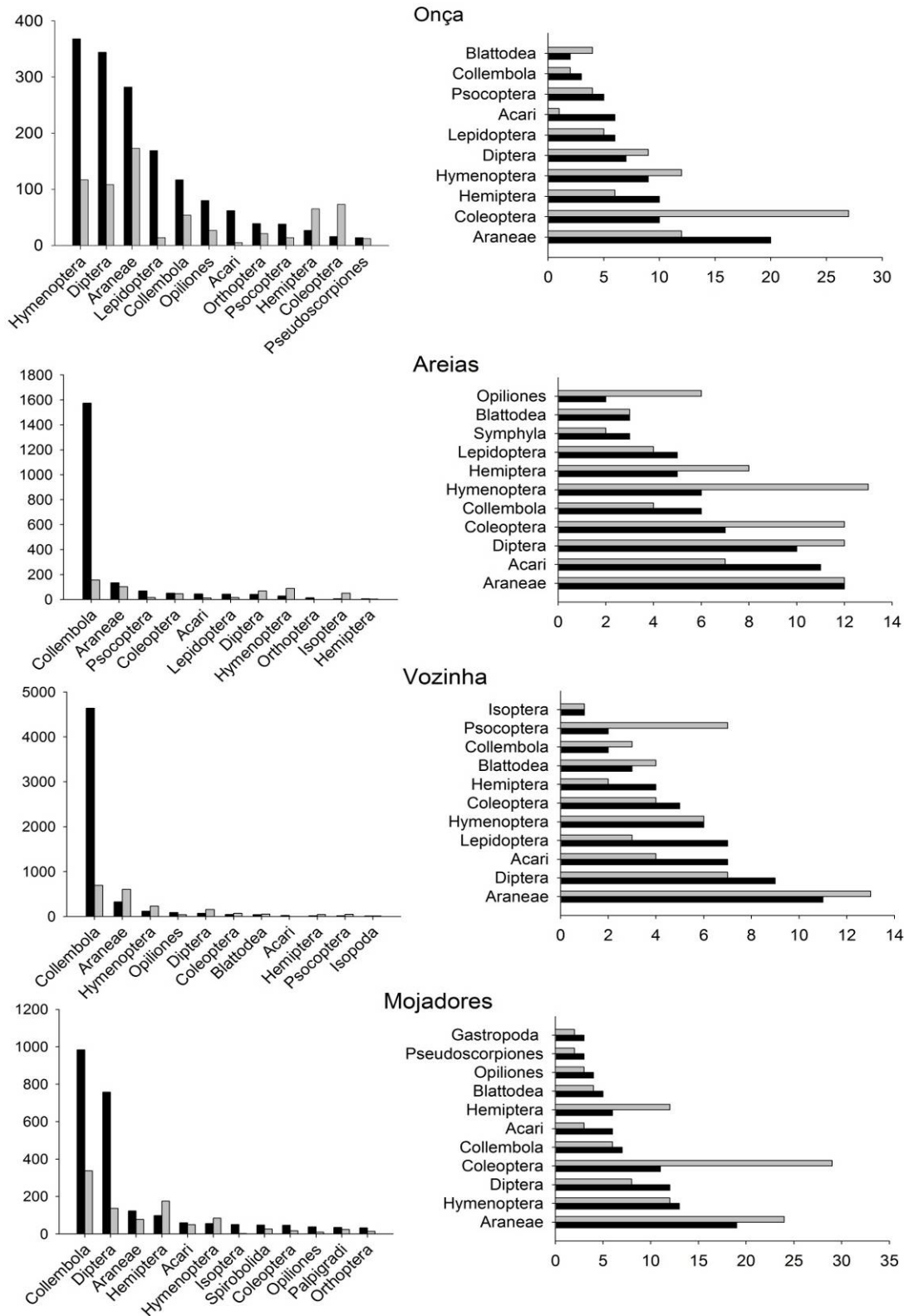
Os recursos macroscópicos visíveis nas cavidades foram examinados (*in situ*), para sua quantificação. As vias de acesso, acumulação e grau decomposição são

informações que infelizmente não foram levantadas. A caracterização trófica restringiu-se, desta forma, ao aspecto qualitativo.

## RESULTADOS

### *Composição e riqueza de espécies*

Considerando-se ambos os períodos amostrais e todas as cavernas, foram observadas 431 morfoespécies de invertebrados distribuídas em pelo menos 97 famílias (Tabela 1 e Figura 2). Os táxons Hexapoda (281 spp), Arachnida (112 spp) e Myriapoda (23 spp) apresentaram o maior número de morfoespécies. As ordens Coleoptera (70 spp), Araneae (62 spp), Diptera (54 spp), Hymenoptera (49 spp) e Acari (30 spp), apresentaram o maior número de morfoespécies. Em Coleoptera, o maior número de morfoespécies ocorreu em Staphylinidae (12 spp) e Carabidae (6 spp). Em Araneae, o maior número de morfoespécies ocorreu em Theridiidae (6 spp) e Ctenidae (6 spp). Em Diptera o maior número de morfoespécies ocorreu em Phoridae (7 spp), Sciaridae (5 spp) e Psychodidae (5 spp). Em Hymenoptera o maior número de morfoespécies ocorreu em Formicidae (39 spp). Finalmente, em Acari, o maior número de morfoespécies ocorreu em Rhagidiidae (3 spp).



**Figura 2.** Táxons mais abundantes (barras verticais) e táxons com maior riqueza (barras horizontais) observados nas cavernas Onça, Mojadores, Areia e Vozinha nos períodos de seca (barra preta) e chuva (barra cinza) do ano de 2012 no município de Dianópolis, TO.

No período de seca foram observadas 273 morfoespécies distribuídas em pelo menos 67 famílias, sendo os táxons mais ricos Araneae (62 spp), Diptera (38 spp), Hymenoptera (34 spp), Coleoptera (33 spp) e Acari (30 spp). Já no período de chuvas, foram observadas 310 morfoespécies distribuídas em pelo menos 87 famílias, sendo os táxons mais ricos Coleoptera (72 spp), Araneae (61 spp), Hymenoptera (38 spp), Hemiptera (36 spp) e Diptera (28 spp).

Na Toca da Onça foi observado um total de 99 morfoespécies no período de seca (de pelo menos 36 famílias) e 111 morfoespécies (de pelo menos 50 famílias) no período

Chuvoso. Na Gruta Areia foram encontradas 62 morfoespécies (de pelo menos 24 famílias) no período de seca e 58 morfoespécies (de pelo menos 27 famílias) no período chuvoso. Na Gruta Vozinha foram encontradas 103 morfoespécies de (pelo menos 37 famílias) no período seco e 132 morfoespécies (de pelo menos 49 famílias) no período chuvoso. Finalmente, na Gruta Mojadores, foram observadas 81 morfoespécies (de pelo menos 35 famílias) no período seco, e 102 morfoespécies (de pelo menos 44 famílias) no período chuvoso (Apêndice 1).

#### *Espécies com características troglomórficas*

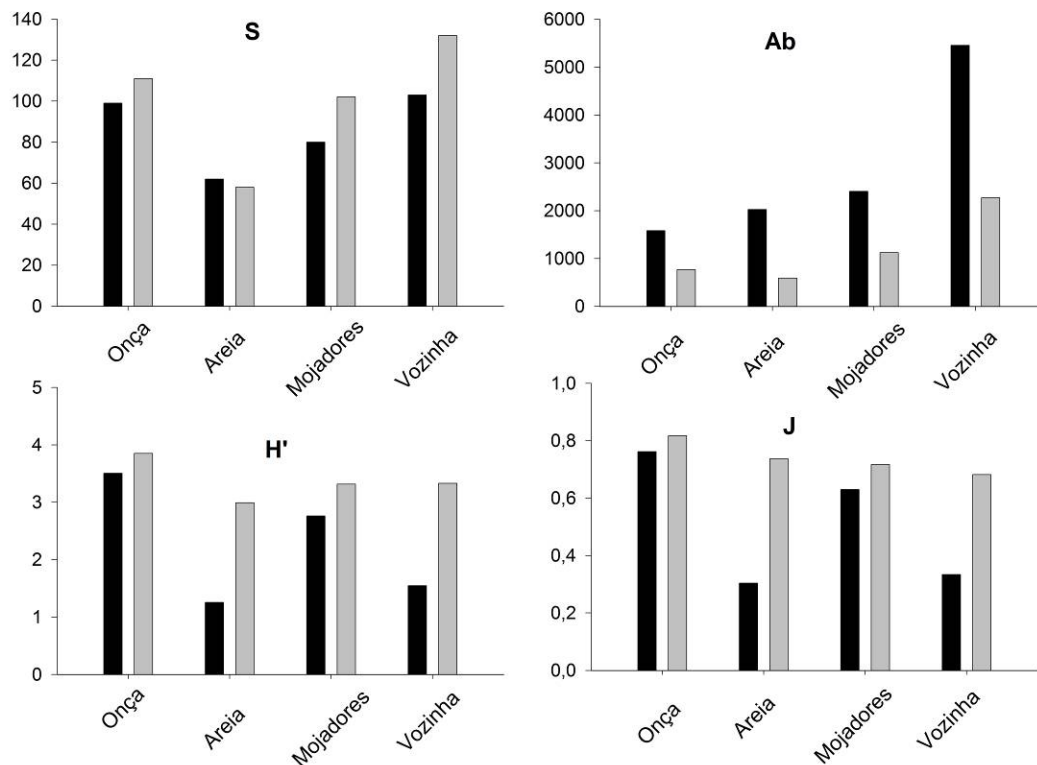
Foram encontradas seis espécies de invertebrados com características troglomórficas (Figura 3). Tais espécies compreendem uma espécie de Isopoda (Styloniscidae *sp.* 1), coletada no período chuvoso na gruta da Onça, uma espécie de Coleoptera (Scydmaeninae *sp.* 2) coletada apenas no período de seca na gruta da Onça, duas espécies de aranhas (Nesticidae e Symphytognathidae – *Anapistula sp.*), coletadas em ambas as estações na gruta Vozinha e Mojadores respectivamente, uma espécie de Hymenoptera (Formicidae: *Amblyopone sp.*) coletada em ambas as estações na gruta Mojadores e uma espécie de Diplopoda (Polydesmida *sp.* 2) coletada na gruta Vozinha apenas no período seco.



**Figura 3** - Duas das seis espécies com características troglomórficas encontradas nas cavernas: Araneae: Nesticidae (esquerda) e Diplopoda: Polydesmida sp2 (direita).

#### ***Diversidade, similaridade e suficiência amostral da fauna***

As cavernas apresentaram valores de índices ecológicos bastante variáveis (diversidade, dominância e equitabilidade). Tais variações ocorreram entre cavernas e mesmo em uma mesma caverna, considerando-se as diferentes estações (Figura 4). A riqueza média observada nas cavernas foi de  $53,5 \pm 14$  espécies, a diversidade média correspondeu a  $3,70 \pm 0,46$  e a equitabilidade média correspondeu a  $0,93 \pm 0,085$ .



**Figura 4.** Riqueza(S), abundância (AB), diversidade (H') e equitabilidade (J') nas cavernas Onça, Areia, Mojadores e Vozinha nos períodos de seca (barra preta) e chuva (barra cinza) do ano de 2012, Dianópolis, TO.

As curvas do coletor e as curvas de rarefação construídas (Figura 5) indicaram uma amostragem, a princípio, não satisfatória do número potencial de espécies presente na área e em cada cavidade, indicando que as amostragens não revelaram o real número de espécies de cada caverna. As curvas de rarefação geradas para cada caverna (considerando-se os dois eventos de coleta) também indicaram uma não estabilização, como observado nas curvas do coletor. Os modelos Jack-Knife 1 e 2 gerados (Figura 5) indica um número esperado de espécies superior ao observado nas cavidades.



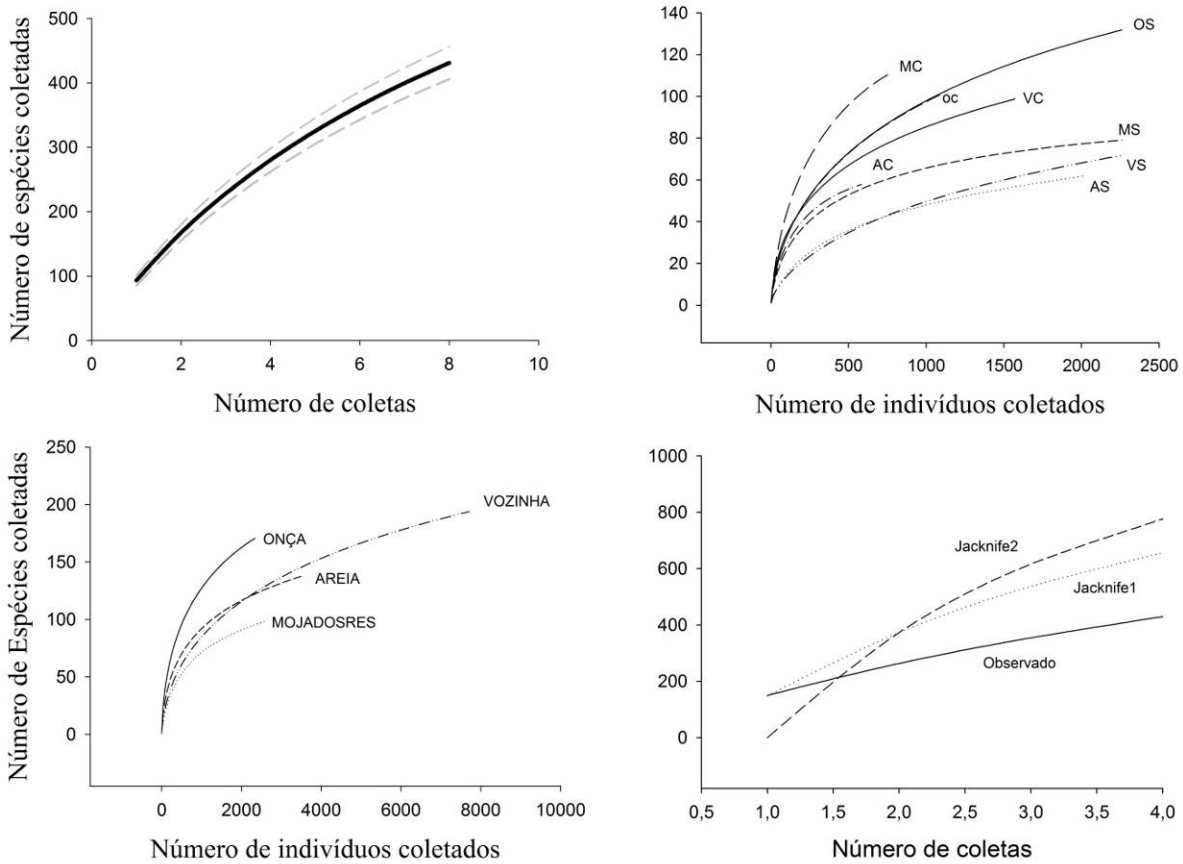


Figura 5 - Curvas de acumulação de espécies (curva do coletor) e de rarefação para cada evento amostral, e as mesmas para cada cavidade nas duas campanhas juntas nas cavernas Onça, Mojadores, Areia e Vozinha. (OS-Onça seca; AS-Areia seca; MS-Mojadores seca; VS-Vozinha seca ; OC-Onça chuva; AC-Areia chuva; MC-Mojadores chuva; VC-Vozinha chuva).

O gráfico de n-MDS gerado para as diferentes cavernas são mostrados na figura 6. Tais análises mostraram que a similaridade de espécies entre as cavidades apresentaram baixos valores. Mesmo entre os períodos amostrais em uma mesma caverna, como no caso da gruta da Onça.

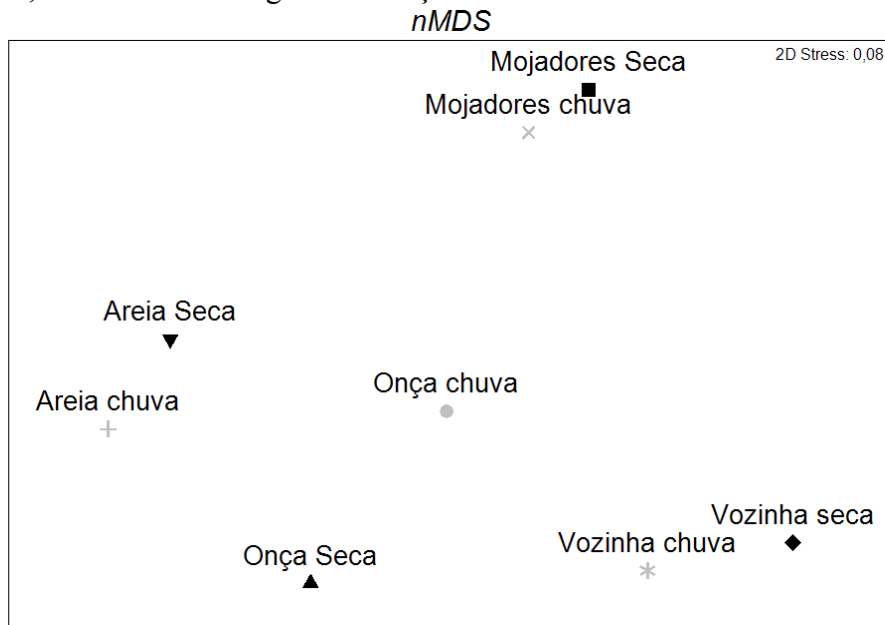


Figura 6. nMDS evidenciando a similaridade da fauna entre as cavernas Onça, Mojadores, Areia e Vozinha, nos períodos de seca e chuva do ano.

### Turnover

O "turnover" temporal das cavernas foi variável, tendo correspondido a 62,86 para a Gruta da Onça; 65,0 para a Gruta Areia; 51,65 para a Gruta dos Mojadores e

65,11 para a Gruta da Vozinha. Tais valores demonstram que a substituição de espécies entre as períodos nas cavernas estudadas é elevado (mais de 50% das espécies é substituído entre a período seca e chuvosa em cada caverna), corroborando mais uma vez a condição de heterogeneidade física e trófica de cada uma destas cavidades. Já o “turnover” espacial (entre as cavernas), foi de 62,12, indicando que também houve uma significativa substituição de espécies entre as cavernas amostradas.

#### *Recursos orgânicos presentes nas cavidades*

Na cavidade Toca da Onça, nas partes mais interiores da cavidade e ainda nos condutos superiores, foram observados exoesqueletos de insetos com fungos, depósitos de fezes de Mocó (*Kerodon rupestris*) e guano de morcegos hematófagos em pequena quantidade. Em diversos pontos da cavidade foram observadas raízes da vegetação externa que acessam os condutos e servem de alimentos para a fauna. Na gruta Mojadores, foram encontradas algumas raízes em condutos mais distantes da entrada da cavidade, no entanto, dada a presença de uma grande quantidade de colônias fúngicas de aspecto cotonoso (podendo pertencer à espécie *Histoplasma capsulatum*), optou-se pela não avaliação detalhada do local, em função da potencial periculosidade biológica da área. Na gruta Areias, um fato que merece ser destacado compreende a homogeneidade de recursos encontrados no interior da caverna, aliado ao fato de terem sido observados poucos abrigos para os invertebrados, como pequenas rochas. Além disso, durante o período chuvoso, foi carregada uma grande quantidade de sedimento lamoso para o interior da cavidade, que pode não ser um substrato preferencial à colonização por muitos invertebrados. Na gruta Vozinha, a presença de um curso d’água, que percorre parte do conduto principal da cavidade, favorece o desenvolvimento de um sistema trófico bastante dinâmico e complexo, no qual a drenagem carrega uma grande quantidade de material orgânico, havendo a deposição de grandes troncos levados por enchentes, além de acúmulos orgânicos em bancos de sedimentos. Muitos dos organismos amostrados foram encontrados associados a tais recursos alimentares. Além disso, aglomerados de raízes, algumas das quais de dimensões métricas, ocorrem em diferentes pontos da caverna, especialmente nas proximidades da entrada. Nestas porções, os recursos tróficos compreendem alguns pequenos depósitos de guano bastante envelhecidos. De forma geral, os condutos superiores (ou porções mais elevadas do conduto principal) são bastante oligotróficas, ao contrário das regiões próximas à entrada ou à drenagem, onde existem recursos orgânicos em abundância.

#### *Impactos*

De forma geral, as cavernas inventariadas apresentam-se em excelente estado de conservação, sem alterações internas visíveis em decorrência da ação humana. Impactos externos foram observados próximos à região da entrada da gruta da Onça, sendo eles sinais de desmatamento e queimadas recentes. No entorno das cavidades Areias e Mojadores foi construída uma barragem para aproveitamento hidroelétrico, cuja área de alagamento atingiu as proximidades das cavernas, alterando a paisagem externa às mesmas.

## **DISCUSSÃO**

### *Composição e riqueza da fauna*

Estudos realizados em cavernas em diferentes regiões do Brasil, assim como no presente trabalho, apresentaram como os grupos mais diversos, organismos que apresentam hábitos alimentares detritívoros ou predadores generalistas, que os tornam capazes de sobreviver nestes sistemas quase sempre oligotróficos (Gnaspini & Trajano, 1994; Pinto-da-Rocha, 1995; Simões et al., 2014; Cordeiro et al., 2014; Souza-Silva &

Ferreira, 2015). Além disso, tais táxons apresentam ampla ocorrência epígea, o que favorece a colonização do meio subterrâneo.

A riqueza média de espécies encontrada nestas cavidades (por evento amostral –  $91,25 \pm 10$  espécies) pode ser considerada elevada, principalmente quando comparada a outros estudos realizados em diferentes regiões do Brasil (Bento et al., 2016; Bernardi et al., 2012; Souza-Silva e Ferreira, 2009; Souza-Silva et al., 2011b). Iniesta et al. (2012) encontraram uma riqueza média de  $44,4 \pm 26$  espécies em cavernas do Parque Estadual do Sumidouro (Minas Gerais), Souza-Silva et al. (2011b) observaram, nas cavidades da Mata Atlântica,  $53 \pm 26,35$  espécies em cavernas carbonáticas,  $45,4 \pm 22,7$  espécies em cavernas siliciclásticas,  $39,88 \pm 19,27$  espécies em cavernas magmáticas e  $37,5 \pm 20,96$  espécies em cavidades ferruginosas. Destaca-se ainda que, considerando ambos os eventos amostrais, a riqueza média para as cavernas amostradas corresponde a  $182,5 \pm 24$  espécies, número que certamente pode ser considerado bastante expressivo, se comparado por exemplo ao trabalho de Bento et al. (2016), que encontrou 225 morfoespécies em 24 cavernas amostradas no oeste potiguar em dois eventos amostrais.

Dentre as regiões cársticas brasileiras, pode-se destacar a região noroeste de Minas Gerais, onde Simões et al. (2012) encontraram uma riqueza média de  $79 \pm 29$  espécies e as cavernas do município de Cordisburgo (Minas Gerais), onde foi registrada uma riqueza média de  $80 \pm 47$  espécies em 15 cavernas amostradas (Souza, 2012). Segundo a autora, essa elevada riqueza ocorreu principalmente em função de uma cavidade, a Gruta Morena, que apresentou 238 espécies em um único evento amostral.

A elevada riqueza encontrada na região de Dianópolis provavelmente ocorre em função do efeito de dois fatores: cavernas com presença de rios (gruta da Vozinha) e áreas externas circundantes às cavernas com vegetação preservada. A presença de rios veiculando matéria orgânica aumenta a quantidade de recursos e habitats disponíveis para a fauna subterrânea, ocasionando um aumento na riqueza de espécies (Souza-Silva et al., 2011a, Simões et al., 2015). Além disso, muitas regiões epígeas que circundam as cavernas deste estudo ainda apresentam-se com remanescentes bem preservados de florestas (grutas Mojadores, Areia e Vozinha), fato que pode possibilitar a colonização do ambiente cavernícola por um maior número de organismos.

Vale ressaltar a ocorrência da espécie *Neotroglia aurora*, com distribuição restrita à região cárstica presente entre os municípios de Aurora do Tocantins e Dianópolis. *Neotroglia* (Psocoptera: Prionoglarididae) é um gênero endêmico de cavernas de Minas Gerais, Tocantins e Bahia, em que todas as espécies apresentam uma completa reversão de genitálias, de modo que as fêmeas possuem pênis e os machos, vagina (Yoshizawa et al., 2014). A reversão de órgãos copulatórios (tal qual observada nas espécies de *Neotroglia*) não é conhecida para nenhum outro animal (Yoshizawa et al., 2014).

### ***Ocorrência de espécies troglomórficas***

Apesar da riqueza de espécies troglomórficas não ser elevada se comparada a outros trabalhos em diferentes regiões do Brasil, (Souza-Silva & Ferreira, 2016), alguns registros encontrados no presente estudo chamam a atenção em função de sua raridade de ocorrência. Este é o caso das aranhas Nesticidae *sp.* e da formiga *Amblyopone sp.*, ambas troglomórficas.

Nesticidade é uma família de pequenas aranhas sedentárias, geralmente encontradas em cavernas e na serapilheira. Na América do Norte, Gertsch (1984) encontrou os primeiros registros de Nesticidae troglóbias no gênero *Nesticus*, sendo hoje representada por cerca de 10 espécies troglomórficas nos Estados Unidos (Hedin & Dellinger, 2005). Espécies troglóbias da família Nesticidade no Brasil são raras, com apenas um registro em Lagoa Santa, MG e um na Chapada Diamantina, BA (Trajano & Bichuette, 2010), sendo que nenhuma delas encontra-se formalmente descrita. Em virtude da espécie encontrada neste estudo ser o terceiro registro a apresentar

características troglomórficas para a família no Brasil, a descrição da espécie torna-se ainda mais importante para a conservação da mesma.

A possibilidade da existência de formigas troglóbias foi discutida por Wilson (1962) que sugeriu que insetos sociais não podem ser troglóbios verdadeiros por não conseguirem estabelecer colônias em um ambiente oligotrófico. Bernard (1968) registrou uma morfologia peculiar em uma espécie encontrada não somente em cavernas, *Aphaenogaster cardenai*, que, segundo o autor, possui morfologia similar às espécies troglóbias, morfologia esta discutida posteriormente por Tinaut & López (2001). Roncin & Deharveng, (2003) encontraram, em cavernas do Laos, uma espécie estritamente cavernícola (*Leptogenys khammouanensis*), que apresenta os troglomorfismos clássicos como redução dos olhos, ausência de pigmentação e alongamento de apêndices, o que sugere que esta espécie seja troglóbia. Trajano & Bichuette (2010) citam a ocorrência de uma formiga troglóbia da família Ponerinae encontrada em Brasília, DF. A *Amblyopone* coletada na gruta Mojadores é o segundo registro de formigas troglomórficas nas cavernas brasileiras, porém assim como a espécie encontrada no Distrito Federal, também não se encontra descrita.

#### *Diversidade, similaridade, turnover e suficiência amostral da fauna*

As variações nos valores de diversidade entre as cavernas encontradas neste estudo são esperadas, e decorrem das diferentes condições ambientais e tróficas de cada uma das cavidades. Segundo Ferreira (2005) e Souza-Silva et al. (2011a), estas diferenças podem dever-se a diversos fatores, como a extensão linear das cavernas, suas condições tróficas e o grau de alterações antrópicas sofridas. Simões et al. (2015) ressaltaram, ainda, que cavernas grandes e úmidas mantêm, geralmente, comunidade de invertebrados terrestres mais diversas e complexas. Características como número, localização, distribuição e extensão das entradas e sua relação com a extensão das cavernas, são fatores que também podem afetar diretamente as condições atmosféricas nos ambientes subterrâneos, interferindo diretamente na fauna associada (Ferreira, 2004).

Os valores de diversidade podem ser bastantes variáveis, comparando-se cavernas diferentes. Iniesta et al. (2012) encontraram, nas cavernas de Lagoa Santa (Minas Gerais), valores de diversidade variando de 1,56 a 3,07. Já para as cavernas da Mata Atlântica, Souza-Silva et al. (2011b) encontraram valores de diversidade variando de 0,62 a 3,15. A diversidade média encontrada no presente estudo (3,70) é bastante superior à observada em outras regiões brasileiras. No entanto, Melo (2008) resalta um problema no uso de índices de diversidade, já que, segundo este autor, os valores obtidos podem resultar de diferentes combinações de riqueza e equitabilidade, podendo ocorrer um mesmo valor de diversidade para comunidades com características distintas, o que dificulta as comparações. No entanto, independentemente da elevada diversidade ter sido causada por uma elevada riqueza ou por uma elevada equitabilidade, cavernas mais diversas certamente merecem atenção, especialmente no que tange a ações de conservação.

Em diversos trabalhos em cavernas de todo o mundo, a distribuição temporal e espacial das comunidades subterrâneas se mostrou altamente heterogênea entre cavernas e dentro de uma mesma caverna (Culver & Sket, 2000, Ferreira, 2005, Souza-Silva et al., 2011b, Prous et al., 2015, Simões et al., 2015). Como exemplo disso, Souza-Silva et al. (2011c) encontraram uma baixa similaridade (<10%) entre três cavernas quartzíticas localizadas próximas umas das outras (distância máxima 800 metros) em Luminárias (Minas Gerais). Tal fato demonstra que mesmo para cavernas geograficamente vizinhas, como o caso do presente trabalho, a similaridade pode ser baixa, tendo em vista as condições ambientais e tróficas peculiares de cada cavidade, que interferem na composição e estrutura das comunidades associadas, bem como em sua condição trófica. Mesmo cavernas proximamente localizadas, casos pertençam a microbacias diferentes, podem possuir dinâmicas e propensões absolutamente distintas a receber, por exemplo, recursos orgânicos e poluentes do meio externo (Arcova & Cicco, 1999).

O valor de  $\beta$  diversidade espacial observado neste estudo (62,12) se assemelha aos encontrados em cavernas graníticas e calcárias de outras regiões do Brasil. Souza-Silva & Ferreira (2015) encontraram um turnover espacial de 63,45 em cavernas graníticas, enquanto Souza-Silva et al. (2011b) observaram um valor de 60,19 em cavernas carbonáticas, 59,17 em cavernas graníticas, 54,74 em cavernas siliciclásticas e 45,58 em cavidades ferruginosas. A grande substituição de espécies observada entre as diferentes estações do ano e entre as cavernas amostradas indica o enorme “pool” de potenciais colonizadores que existem nos sistemas externos da região ou em outros sistemas subterrâneos contíguos, mas não acessíveis, que promovem uma migração diferenciada para as cavernas dependendo do período (seca ou chuvosa) do ano, aumentando o turnover.

Alguns estudos têm mostrado que a assíntota em curvas do coletor em cavernas no Brasil raramente são alcançadas, a não ser que o número de amostras (no caso, cavernas, ou eventos amostrais em uma mesma caverna) seja muito grande (Iniesta et al., 2012; Zampaulo, 2010). Além disto, tendo em vista a constante contribuição de espécies “transientes”, é provável que, para certos sistemas, a assíntota nunca seja atingida, já que o “estoque” epígeo de grupos transitórios pode ser taxonômica e numericamente amplo (especialmente quando se considera a região Neotropical, conhecida pela megadiversidade epígea). A não estabilização das curvas do coletor e de rarefação pode ser comparada ao trabalho realizado por Zampaulo (2010), na região de Pains (Minas Gerais). Um total de 296 cavernas foram inventariadas na área, e mesmo com este número extremamente expressivo, a curva do coletor não alcançou a assíntota.

Souza-Silva et al. (2011c) discutiram ainda que, devido à heterogeneidade de microhabitats nas cavidades, como presença de fissuras, blocos abatidos e corpos de água, algumas espécies acabam não sendo acessadas pelos métodos de coleta visual, dificultando a amostragem das mesmas. Assim, é importante que diferentes métodos de coleta sejam empregados, quando se intenciona amostrar a maior proporção possível da fauna subterrânea. A realização de uma coleta exaustiva poderia levar ao alcance da assíntota da curva do coletor, porém é importante destacar que coletas exaustivas em ambientes cavernícolas podem causar impactos irreversíveis à fauna (Oliveira, 2014).

### ***Impactos e recursos orgânicos***

Não foram observados impactos antrópicos diretos nas cavernas, porém sinais de fogo e desmatamento nas proximidades das entradas foram recorrentes. A remoção da vegetação externa a estas cavernas pode causar severos impactos às comunidades subterrâneas. Segundo Reboleira et al. (2011), a substituição de floresta nativa por pastagens pode facilmente levar à extinção de populações localmente endêmicas, muitas vezes limitadas a uma única caverna, com a correspondente perda deste patrimônio biológico. Como exemplo disso, populações troglóbias fitófagas que dependem da presença de raízes de árvores para a sobrevivência no interior das cavernas (Hoch & Ferreira, 2012), podem ser diretamente afetadas.

Além disso, o desmatamento afeta diretamente contribuição de recursos orgânicos alóctones pela vegetação externa (Souza-Silva et al., 2011a, Souza-Silva et al., 2012), intensificando o estado de escassez alimentar das cavernas, podendo alterar significativamente a composição e estrutura das comunidades. Prous et al. (2015) destacaram ainda que a modificação da vegetação no torno das entradas de cavernas podem degradar os habitats das comunidades para-epígeas, além de aumentar a sedimentação (Gillieson, 1986). Considerando que muitos organismos estritamente cavernícolas são considerados ameaçados, a proteção da caverna em si não é suficiente para garantir a sua sobrevivência, havendo também a necessidade de proteger as áreas circundantes (Culver et al., 2000).

Impactos semelhantes aos observados nas áreas epígeas adjacentes às cavernas da Onça e Mojadores, em que o reservatório de uma hidrelétrica afetou o ambiente

externo das cavidades, foram observados em outras regiões do país, como na represa do Funil (Minas Gerais) e a região da Serra da Mesa (Goiás) onde cavidades foram parcial ou totalmente submersas em decorrência da inundação pelo barramento (Almeida, 2004). A inundação ocasionada pela construção de um reservatório no entrono de cavidades ocasionou uma rápida supressão da vegetação circundante, conseqüentemente o que pode ter afetado o regime de aporte de recursos para as cavidades, especialmente por animais troglóxenos. Em áreas de pastagens com criação de bovinos, as inundações forçam a retirada do gado com conseqüente depleção de recursos para morcegos hematófagos. Delpietro et al. (1992), registraram, em áreas de criação de gado, populações de *Desmodus rotundus* quase duas vezes maiores do que em ambientes conservados. Esta espécie, apesar de representar uma ameaça para a saúde pública (Kverno & Mitchell, 1976; Organização Mundial da Saúde, 1984) frequentemente se abriga em cavernas, produzindo guano que é utilizado como recurso para a fauna de invertebrados (Ferreira et al., 2007), fornecendo alimento e abrigo para diversas espécies de invertebrados (Pellegrini & Ferreira 2013).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista a alta dissimilaridade da fauna entre as cavernas amostradas, a elevada riqueza e diversidade de espécies troglófilas, presença de espécies com distribuição restrita (*Neotroglia aurora*) e de espécies com caracteres troglomórficos, a região deve considerada importante para conservação da fauna subterrânea, demandando estudos mais detalhados e em um maior número de cavidades para a determinação da real importância no cenário espeleológico nacional.

## AGRADECIMENTOS

Ao Edvard Dias Magalhães e Bernardo Menegale Bianchetti da empresa Panorama Ambiental, pelo apoio em campo. A Thais, Matheus, Santiago e à equipe técnica da Panorama Ambiental. RLF agradece ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pelo suporte financeiro (processo nº 3046821/2014-4). Aos taxonomistas Maysa F.V.R. Souza e ao Leopoldo F.O. Bernardi pelo auxílio na identificação de parte do material (Palpigradi e Acari).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M.A. Fronteiras, territórios e territorialidades. Mesa Redonda do IV Simpósio Nacional sobre Espaço e Cultura, NEPEC-UERJ, Rio de Janeiro, 2004.
- ARAÚJO, A.V.; PEIXOTO, R.S. The Impact of Geomorphology and Human Disturbances on the Faunal Distributions in Tiquara and Angico Caves of Campo Formoso, Bahia, Brazil. *Ambient Science*, v.1, p. 25-30, 2015.
- ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. *Scientia Forestalis*, v.56, p.125-134, 1999.
- AULER, A.S.; PILÓ L.B.; PARKER, C., SENKO, J.; SASOWSKY, I.; BARTON, H. Hypogene cave patterns in iron ore caves: convergence of forms or processes? In: KLIMCHOUK, A.; SASOWSKY, I. D.; MYLROIE, J.; ENGEL, S.A. *Hypogene Cave Morphologies*, San Salvador Island: Karst Waters Institute, 2014, p.15-19.

- AULER, A.S.; RUBIOLLI, E.; BRANDI, R. *As grandes cavernas do Brasil*. Belo Horizonte: Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, 2001, 227p.
- BENTO, M.D.; FERREIRA, R.L.; PROUS, X.; SOUZA-SILVA, M.; BELLINI, B.C.; VASCONCELLOS, A. Seasonal variations in cave invertebrate communities in the semiarid Caatinga, Brazil. *Journal of Cave and Karst Studies*, v. 78, n. 2, p. 61–71, 2016.
- BERNARD, F. *Les fourmis (Hymenoptera: Formicidae) d'Europe occidentale et septentrionale*. Paris: Masson, 1968, 411p.
- BERNARDI, L.F.O.; PELLEGRINI, T.G.; TAYLOR, E.L.S.; FERREIRA, R.L. Aspectos ecológicos de uma caverna granítica no sul de Minas Gerais. *Espeleo-Tema*, v. 23, n. 1. p. 5-11, 2012.
- CECAV. Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. Base de Dados Geoespacializados das Cavidades Naturais Subterrâneas do Brasil. Disponível em <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/downloads/mapas.html>>. Acesso em: 15 ago. 2016.
- CHAIMOWICZ, F. Levantamento bioespeleológico em algumas grutas de Minas Gerais. *Espeleo-tema*, v. 14, p. 97-107, 1984.
- CORDEIRO, L.M.; BORGHEZAN, R.; TRAJANO, E. Subterranean biodiversity in the Serra da Bodoquena karst area, Paraguay river basin, Mato Grosso do Sul, Southwestern Brazil. *Biota Neotropica*, v.14, p. 1-28, 2014.
- CRUZ JR, F.W.; BURNS, S.J.; KARMANN, I., SHARP, W.D.; VUILLE, M.; CARDOSO A.O.; FERRARI J.A.; DIAS, P.L.S.; VIANA JR, O. Insolation-driven changes in atmospheric circulation over the past 116,000 years in subtropical Brazil. *Nature*, v. 434, p. 63–66, 2005.
- CULVER, D. C.; SKET, B. Hotspots of Subterranean Biodiversity in Caves and Wells. *Journal of Cave and Karst Studie*, v.62, n.1, p. 11-17, 2000.
- CULVER, D.C.; MASTER, L.L.; CHRISTMAN, M.C.; HOBBS, H. H. Obligate cave fauna of the 48 contiguous United States. *Conservation Biology*, v.14, p.386–401, 2000.
- CULVER, D.C.; PIPAN, T. *The biology of caves and other subterranean habitats*. Oxford: Oxford University Press, 2009, 273p.
- DÁTILLO, W.; VICENTE, R.E.; NUNES, R.V.; FEITOSA, R.M. Influence of cave size and presence of bat guano on ant Visitation. *Sociobiology*, v. 59, p. 549-560, 2012.
- De PAULA, M.; AKAMA, A., OLIVEIRA, E.; MORAES, F.E. Ictiofauna epígea e subterrânea da área cárstica de Lagoa da Confusão, estado do Tocantins. *Revista da Biologia*, v. 12, n. 2, p. 29-35, 2014.
- DELPIETRO, H.A.; MARCHEVSKY, N.; SIMONETTI, E. Relative population densities and predation of the common vampire bat (*Desmodus rotundus*) in natural and cattle-raising areas in north-east Argentina. *Preventive Veterinary Medicine*, v.14, n. 1, p. 13-20, 1992.
- 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*, v.32, n.6 p.714-725, 1980.
- FERNANDES, C.S.; BUENO, S.L.S.; BICHUETTE, M.E. Distribution of cave-dwelling *Aegla* spp. (Decapoda: Anomura: Aeglidae) from the Alto Ribeira karstic area in southeastern Brazil based on geomorphological evidence. *J Crustac Biol*, v.33, 567–575, 2013.
- FERREIRA R. L. *A medida da complexidade ecológica e suas aplicações na conservação e manejo de ecossistemas subterrâneos*. 2004, 158f. Tese (Pós-Graduação em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.
- FERREIRA R. L. A vida subterrânea nos campos ferruginosos. *O Carste*. v.3, n.17, p.106- 115, 2005.
- FERREIRA R. L., PROUS, X., BERNARDI, L.F.O.; SOUZA-SILVA, M. Fauna subterrânea do estado do rio grande do norte: caracterização e impactos. *Revista Brasileira de Espeleologia*, v.1, p. 26-51, 2010.

- FERREIRA, R.L.; PROUS, X.; MARTINS, R.P. Structure of bat guano communities in a dry Brazilian cave. *Tropical Zoology*, v. 20, p.55-74, 2007.
- FERREIRA, R.L.; MARTINS, V.M.; PAIXÃO, E.A.; SOUZA-SILVA, M. Spatial and temporal fluctuations of the abundance of neotropical cave-dwelling moth *Hypena* sp. (Noctuidae, Lepidoptera) influenced by temperature and humidity. *Subterranean Biology*, v.16, p. 47–60, 2015a.
- FERREIRA, R.L.; OLIVEIRA, M.P.A.; SOUZA-SILVA, M. Biodiversidade Subterrânea em Geossistemas Ferruginosos. In: Carmo, FF; Kamino, LHY. *Geossistemas ferruginosos do Brasil: Áreas prioritárias para conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais*. Belo Horizonte: 3i, 2015b. Cap. 8, p. 195-232.
- GALLÃO, J.E.; BICHUETTE, M.E. Taxonomic distinctness and conservation of a new high biodiversity subterranean area in Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. v. 87, n.1, p. 209–2017, 2015.
- GERTSCH, W. J. The spider family Nesticidae (Araneae) in North America, Central America, and the West Indies. *Tex. Mem. Mus. Bull*, v.31, p.1-91, 1984.
- GILBERT, J.; DANIELPOL, D.L.; ATANFORD, J. *Groundwater Ecology*. New York: Academic Press, 1994, 571 p.
- GILLIESON, D. Cave sedimentation in the New Guinea highlands. *Earth Surf. Process. Landforms*, v.11, p.533–543, 1986.
- GNASPINI, P.; TRAJANO, E.; SANCHEZ, L.E. Província Espeológica da Serra da Bodoquena, MS: exploração, topografia e biologia. *Espeleo-Tema*, v.17, n.1, p.19-44, 1994.
- GODOY, N.M. Nota sobre a fauna cavernícola de Bonito, MS. *Espeleo-tema*, v.15, p.79-91, 1986.
- HARDT, R.; PINTO, S.A.F. Carste em litologias não carbonáticas. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.2, p.99-105, 2009.
- HARRISON, S.; ROSS, S.J.; LAWTON, J.H. Beta diversity on geographic gradients in Britain. *J Anim Ecol*, v. 61, p.151–158, 1992.
- HEDIN, M.; DELLINGER, B. Descriptions of a new species and previously unknown males of *Nesticus* (Araneae: Nesticidae) from caves in Eastern North America, with comments on species rarity. *Zootaxa*, v.904, p.1–19, 2005.
- HOCH, H.; FERREIRA, R.L. *Ferricixius davidi* gen. n., sp. n. – the first cavernicolous planthopper from Brazil (Hemiptera, Fulgoromorpha, Cixiidae). *Deutsche entomologische Zeitschrift*, v.59, n.2, p.201-206, 2012.
- INIESTA L.F.M.; ÁZARA L.N.; SOUZA-SILVA M.; FERREIRA, R.L. Biodiversidade em seis cavernas no parque estadual do sumidouro (Lagoa Santa, MG). *Revista Brasileira de Espeleologia*, v.22, p.18-37, 2012.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>> acesso em: 19 out 2016.
- INVTUR – Inventário da Oferta Turística de Aurora. Tocantins, 2008, 24 p.
- KOLEFF, P, GASTON, K.J.; LENNON, J.J. Measuring beta diversity for presence – absence data. *Journal of Animal Ecology*, v.72, p. 367-382, 2003.
- KVERNO N.B.; MITCHELL G.C. Los murciélagos vampiros y la producción pecuaria en América Latina. *Revista Mundial de Zootecnia*, v.17, p.1–7, 1976.
- LIENHARD, C.; CARMO, T.O.; FERREIRA, R.L. A new genus of Sensitibillini from Brazilian caves (Psocodea: 'Psocoptera': Prionoglarididae). *Revue suisse de Zoologie*, v.117, n. 4, p. 611-635, 2010.
- MAGURRAN, A.E. *Measuring biological diversity*. Black- well Science, Malden, 2004, 253p.
- MELO, A.S. O que ganhamos 'confundindo' riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? *Biota Neotrop.*, v.8, n.3, p.21-27, 2008.
- OGAWA, G.M.; JÚNIOR, A.M.P.; RESADORE, F.; FERREIRA, R.G.M.; MEDEIROS, J.F.; CAMARGO, LMA. Sandfly fauna (Diptera: Psychodidae) from



caves in the state of Rondônia, *Brazil. Braz. J. Vet. Parasitol*, Jaboticabal, v.25, p.61-68, 2016.

OLIVEIRA, M.A.; FERREIRA, R.L.; CARNEIRO, M.A.; Diotaiuti, L. Ecology of *Cavernicola pilosa* barber, 1937 (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) in the Boa Esperanca Cave, Tocantins, Brazil. *Ecotropica*, v.14, p.63-68, 2008.

OLIVEIRA, M.P.A. Os métodos de coleta utilizados em cavernas são eficientes para a amostragem da fauna subterrânea? 2014, 190p. Dissertação (Pós-graduação em Ecologia Aplicada) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. The uses of epidemiology in the study of the elderly. Geneva: WHO, 1984.

PELLEGRINI, T.G.; FERREIRA, R.L. Management in a neotropical show cave: Planning for invertebrates conservation. *International Journal of Speleology*. v.41, p. 359-366, 2012.

PELLEGRINI, T.G.; FERREIRA, R.L. Structure and interactions in a cave guano-soil continuum community. *European Journal of Soil of Biology*, v.57, p.19–26, 2013.

PELLEGRINI, T.G.; SALES, L.P.; AGUIAR, P.; FERREIRA, R.L. Linking spatial scale dependence of land-use descriptors and invertebrate cave community composition. *Subterranean Biology*, v.5, p.1-9, 2016.

PINTO-DA-ROCHA, R. Sinopse da fauna caverícola do Brasil (1907 - 1994). *Papéis Avulsos de Zoologia*, v.39, n.6, p.61-163, 1995.

PROUS, X.; FERREIRA R.L.; JACOBI C.M. The entrance as a complex ecotone in a Neotropical cave. *International Journal of Speleology*, v.44, p.177-189, 2015.

REBOLEIRA, A.S.P.S.; BORGES, P.A.V.; GONÇALVES, F.; SERRANO, A.R.M.; OROMI, P. The subterranean fauna of a biodiversity hotspot region - Portugal: an overview and its conservation. *International Journal of Speleology* v.40, n.1, p.23-37, 2011.

RONCIN, E.; DEHARVENG, L. Troglotic Species of Laos, with a Discussion on Cave Ants *Leptogenys khammouanensis* sp. nov. (Hymenoptera: Formicidae). A Possible Troglotic Species of Laos, with a Discussion on Cave Ants. *Zoological Science*, v.20, n.7, p.919-924, 2003.

SALLUN FILHO, W.; KARMANN, I. Geomorphological map of the Serra da Bodoquena karst, west-central Brazil. *Journal of Maps*, p. 282-295, 2007.

SIMÕES, M. H.; SOUZA-SILVA, M.; FERREIRA R. L. Cave physical attributes influencing the structure of terrestrial invertebrate communities in Neotropics. *Subterranean Biology*, v.16, p.103-121, 2015.

SIMÕES, M.H.; SOUZA-SILVA, M.; FERREIRA, R.L. Cave invertebrates in northwestern Minas Gerais state, Brazil: endemism, threats and conservation priorities. *Acta Carsologica*, v.43, n.1, p.159–174, 2014.

SIMÕES, M.H.; SOUZA-SILVA, M.; FERREIRA, R.L. Species Richness and Conservation of Caves in the Urucuia River Sub-Basin, a Tributary of the San Francisco River: a Case Study in Caves of Arinos, Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasileira de Espeleologia*, v.2, p.1-17, 2012.

SOUZA, M.F.V.R. *Diversidade de invertebrados subterrâneos da região de Cordisburgo, Minas Gerais: subsídios para definição de cavernas prioritárias para conservação e para o manejo biológico de cavidades turísticas*. 2012, 149f. Dissertação (Pós-Graduação em Ecologia Aplicada) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

SOUZA-SILVA M., FERREIRA R.L. Cave invertebrates in Espírito Santo state, Brazil: a primary analysis of endemism, threats and conservation priorities. *Subterranean Biology*, v.16, p.79-102, 2015

SOUZA-SILVA M.; MARTINS R.P.; FERREIRA, R.L. Trophic Dynamics in a Neotropical Limestone Cave. *Subterranean Biology*, v.9, p. 127-138, 2011a.

- SOUZA-SILVA, M., MARTINS R. P., R. L. FERREIRA. Cave lithology determining the structure of the invertebrate communities in the Brazilian Atlantic Rain Forest. *Biodiversity and Conservation*, v.8, n.20, 1713-1729, 2011b.
- SOUZA-SILVA, M.; BERNARDI, L.F.O.; MARTINS, R.P.; FERREIRA R. L. Transport and consumption of organic detritus in a neotropical Limestone cave. *Acta Carsologica*, v.41, p.139-150, 2012.
- SOUZA-SILVA, M.; FERREIRA, R. L. Caracterização ecológica de algumas cavernas do Parque Nacional de Ubajara (Ceará) com considerações sobre o turismo nestas cavidades. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.1, n.9, p.59-71, 2009.
- SOUZA-SILVA, M.; FERREIRA, R.L. The first two hotspots of subterranean biodiversity in South America. *Subterranean Biology*, v.19, p.1-21, 2016.
- SOUZA-SILVA, M.; MARTINS R. P.; FERREIRA, R. L. Cave Conservation Priority Index to Adopt a Rapid Protection Strategy: A Case Study in Brazilian Atlantic Rain Forest. *Environmental Management*, v. 55, p. 279-295, 2015.
- SOUZA-SILVA, M.; NICOLAU, J.C.; FERREIRA, R.L. Comunidades de invertebrados terrestres de três cavernas quartzíticas no Vale do Mandembe, Luminárias, MG: *Espeleo-Tema*, v. 22, p. 79-91, 2011c.
- TINAUT, A.; LÓPEZ, F. Ants and caves: sociability and ecological constraints (Hymenoptera, Formicidae). *Sociobiology*, v.37, p.651– 659, 2001.
- TRAJANO, E. Cave faunas in the Atlantic tropical rain forest: composition, ecology and conservation. *Biotropica*, v.32, p.882-893, 2000.
- TRAJANO, E. Fauna cavernícola brasileira: composição e caracterização preliminar. *Revista Brasileira de Zoologia*, v.3, n.8, p.533-561, 1987.
- TRAJANO, E.; BICHUETTE, M.E. Diversity of Brazilian subterranean invertebrates, with a list of troglomorphic taxa. *Subterranean Biology*, v.7, p.1-16, 2010.
- TRAJANO, E.; GNASPINI, P. Observações sobre a mesofauna cavernícola do Alto Vale do Ribeira, SP. *Espeleo-Tema*, p.29-34, 1986.
- WHITTAKER, R.H. Vegetation of the Siskiyou mountains, Oregon and California. *Ecol Monogr*, v.30, p.279–338, 1960.
- WILLEMS, L.; RODET, J.; POUCKET, A.; MELO, S.; RODET, M.; COMPÈRE, P.; HATERT, F.; AULER, A.S. Karsts in sandstones and quartzites of Minas Gerais, Brazil. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, v.33, p.127-138, 2008.
- WILSON, E.O. The Trinidad Cave Ant *Erebomyrma* (=Spelaeomyrmex) Urichi (Wheeler), With a Comment on Cavernicolous Ants in General. *Psyche: A Journal of Entomology*, v.69, p. 62-72, 1962.
- YOSHIZAWA, K.; FERREIRA, R.L.; KAMIMURA Y.; LIENHARD, C. Female Penis, Male Vagina, and Their Correlated Evolution in a Cave Insect. *Current Biology*, v.24, n.9, p.1006 – 1010, 2014.
- ZAMPAULO, R.A. *Diversidade de invertebrados na província espeleológica de Arcos, Pains, Doresópolis (MG): Subsídios para a determinação de áreas prioritárias para a conservação*. 2010, 190f. Dissertação (Pós-Graduação em Ecologia Aplicada) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.