

COMUNIDADES DE INVERTEBRADOS TERRESTRES DE TRÊS CAVERNAS QUARTZÍTICAS NO VALE DO MANDEMBE, LUMINÁRIAS, MG

TERRESTRIAL INVERTEBRATE COMMUNITIES OF THREE QUARTZITE CAVES IN THE VALE DO MANDEMBE, LUMINÁRIAS, MG

Marconi Souza Silva(1), José Carlos Nicolau(1,2) & Rodrigo Lopes Ferreira(3)

(1) Núcleo de Pesquisa em Ciências Biológicas, Centro Universitário de Lavras – UNILAVRAS, Lavras-MG.

(2) Fundação Educacional de Lavras, Lavras-MG.

(3) Departamento de Biologia/Setor de Zoologia – Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras-MG.

Contatos: marconisouza@unilavras.edu.br; drops@ufla.br.

Resumo

O presente trabalho avaliou a composição, riqueza, abundância, diversidade, dominância, e similaridade entre as comunidades de invertebrados terrestres em três cavernas quartzíticas localizadas no Vale do Mandembe, Luminárias, Sul de Minas Gerais. Foram observados 3.985 invertebrados distribuídos em 104 espécies de pelo menos 50 famílias. A gruta do Lobo apresentou a maior riqueza (58 spp), seguida pela gruta do Campo I (35) e da gruta do Mandembe (31). A ordem mais rica foi Diptera (29 spp.), seguida por Araneae (20), Acari (10), Coleoptera (10) Lepidoptera (7), Collembola, (6) e Psocoptera (4). Os valores de similaridade quantitativa entre as comunidades foram baixos (< 10%). A diversidade foi maior na gruta do Lobo ($H' = 1,18$), seguida da gruta do Mandembe ($H' = 0,85$) e gruta do Campo I ($H' = 0,61$). A dominância foi maior na gruta do Mandembe (0,48), seguida da gruta do Campo I (0,41) e gruta do Lobo (0,32). O “turnover” de espécies medido através da β -diversidade foi alto (77,11). Apesar de não ter sido encontrada nenhuma espécie troglomórfica, as cavernas deste estudo apresentam uma expressiva singularidade, pelo fato de possuírem uma elevada riqueza, diversidade e baixos valores de similaridade da fauna de invertebrados. Além disto, ocorrem condições ecológicas heterogêneas, principalmente em termos de estrutura trófica e disponibilidade de microhabitats (presença distinta de guano de andorinhão e de morcegos hematófago, cursos de água, matéria orgânica vegetal, raízes e blocos caídos nas diferentes cavernas) que podem ser facilmente afetadas por uma visitação desordenada.

Palavras-Chave: Diversidade; Fauna; Invertebrados; Quartzito; Estrutura de comunidades.

Abstract

The present work evaluated the composition, richness, abundance, diversity, dominance, and similarity of the terrestrial invertebrate communities in three quartzite caves located in Vale do Mandembe, Luminarias, South of Minas Gerais. In the caves 3,985 invertebrates were observed, distributed in 104 species of at least 50 families. The Lobo cave presented the highest richness (58 spp.), followed by Campo I cave (35) and the Mandembe cave (31). The richest order was Diptera (29 spp.), followed by Araneae (20), Acari (10), Coleoptera (10) Lepidoptera (7), Collembola, (6) and Psocoptera (4). The quantitative similarity values among the communities were low (< 10%). The diversity was higher in the Lobo cave ($H' = 1.18$), followed by Mandembe cave ($H' = 0.85$) and the Campo I cave ($H' = 0.61$). The dominance was higher in the Mandembe cave (0.48), followed by Campo I cave (0.41) and Lobo cave (0.32). The species turnover measured through the β -diversity was high (77.11). In spite of not finding any troglomorphic species, the caves of this study are quite unique, by the fact of presenting a high richness, diversity and low invertebrate fauna similarity values. Furthermore, heterogeneous ecological conditions occur, mainly in terms of trophic structure and microhabitat availability (distinct presence of swift and hematophagous bat guano, water courses, organic plant matter, roots and fallen blocks in the different caves) that can be easily affected by disordered visitation.

Key-Words: Diversity; Biospeleology; Quartzite; Community structure.

1. INTRODUÇÃO

Mesmo em menor extensão que as carbonáticas, o Brasil possui amplas áreas compostas por rochas ferruginosas, quartzíticas, graníticas e areníticas, propícias à espeleogênese. Atualmente, no Brasil, são conhecidas mais de 3.500 cavernas carbonáticas, 1.000 cavernas ferruginosas, 200 cavernas quartzíticas, 200 cavernas areníticas e 100 cavernas em outros tipos de rochas, sendo alto o potencial de ocorrência de cavernas nestes tipos de rochas (Auler 2006).

A fauna cavernícola brasileira começou a ser relativamente bem estudada a partir da década de 80 (Dessen *et al.* 1980, Chaimowicz 1984, Godoy 1986, Trajano & Gnaspini-Neto 1986, Trajano 1987, Trajano & Moreira 1991, Gnaspini-Neto & Trajano 1994, Trajano 2000). Poucas cavernas, entretanto, foram estudadas de forma a avaliar a estrutura das comunidades de forma mais ampla (Ferreira & Pompeu 1997; Ferreira & Martins 1998, Ferreira 2004, Prous *et al.* 2004, Ferreira 2005, Souza-Silva 2008, Souza-Silva & Ferreira 2009, Ferreira *et al.* 2010).

Grande parte do conhecimento da fauna cavernícola brasileira é oriunda de estudos realizados em cavernas calcárias (Trajano & Moreira, 1991, Gnaspini-Neto & Trajano 1994, Ferreira 2004, Prous *et al.* 2004, Pinto-da-Rocha 1995, Souza-Silva 2008, Souza-Silva & Ferreira 2009, Souza-Silva *et al.* 2011). Embora se soubesse da existência de cavidades em rochas não carbonáticas no Brasil, suas dimensões, em geral reduzidas, levavam a um desinteresse do ponto de vista bioespeleológico. Apesar disso, algumas poucas cavernas em quartzito, arenito, canga ferruginosa e granito tiveram as suas comunidades de invertebrados avaliadas (Trajano & Moreira, 1991, Gnaspini-Neto & Trajano 1994, Trajano *et al.* 2002, Zeppelini-Filho *et al.* 2003, Ferreira 2004, Ferreira 2005, Bueno-Silva 2008, Souza-Silva 2008).

Estudos preliminares realizados em poucas cavernas siliciclásticas mostraram que tais sistemas mantêm ricas e abundantes comunidades de invertebrados com composições similares às de cavernas calcárias (Ferreira 2004, Bueno-Silva 2008, Souza-Silva 2008).

O presente trabalho buscou avaliar as comunidades de invertebrados presentes em três cavernas quartzíticas no município de Luminárias, Minas Gerais. Para tal foram elaboradas as seguintes questões:

1. Qual a composição, riqueza, abundância, diversidade, dominância, e similaridade entre as

comunidades de invertebrados presentes em três cavernas quartzíticas no município de Luminárias?

2. Quais as alterações antrópicas presentes em três cavernas quartzíticas no município de Luminárias, MG?

2. METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em três cavernas quartzíticas localizadas no vale do Mandembe, município de Luminárias, Sul de Minas Gerais (figura 1). A gruta do Campo I (SBE-MG 1373) tem 60,6 metros de extensão e localiza-se a uma altitude de 1299 metros. Possui uma única entrada e um pequeno curso de água em seu interior (S 21°32, 20/W44°48, 15). A gruta do Mandembe (SBE-MG 1390) tem 244,6 metros de extensão e localiza-se a uma altitude de 1292 metros. Possui 2 entradas opostas, e dois cursos de água em seu interior (S 21°32,38,1/W 44°47,57,3). A gruta do Lobo (SBE-MG 1343) é uma caverna seca, com 122 metros de extensão e 2 entradas (S 21°32, 20/W 44°48,15). Possui o piso formado essencialmente de blocos abatidos.

O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwb com verão úmido e inverno seco apresentando temperaturas médias anuais de 19,61°C e precipitação média anual de 1529,7 mm (Prefeitura Municipal de Luminárias, 2005). A vegetação local abrange tipos fisionômicos enquadrados em Floresta Estacional Semidecidual Aluvial (mata ciliar) e Montana (mata de encosta), Cerrado, Campo de Altitude e Campo Rupreste (campo limpo e campo sujo) (Oliveira-Filho & Fluminhan-Filho 1999).

A região sul do Estado de Minas Gerais, em especial os municípios de Luminárias, São Thomé das Letras e Carrancas, destacam-se pela localização em uma área de rochas quartzíticas com um potencial bioespeleológico ainda pouco estudado (Bueno-Silva 2008). Atualmente, estão cadastradas nove cavernas no município de Luminárias (SBE 2011).

Os municípios de Luminárias, São Thomé das Letras e Carrancas são apontados como áreas potencialmente importantes para a conservação da biodiversidade de invertebrados em Minas Gerais (Machado & Ferreira 2005, Ferreira *et al.* 2009). Estes municípios encontram-se sob intensas atividades antrópicas de turismo e exploração mineral do quartzito, impondo potenciais ameaças ao ambiente de cavernas.

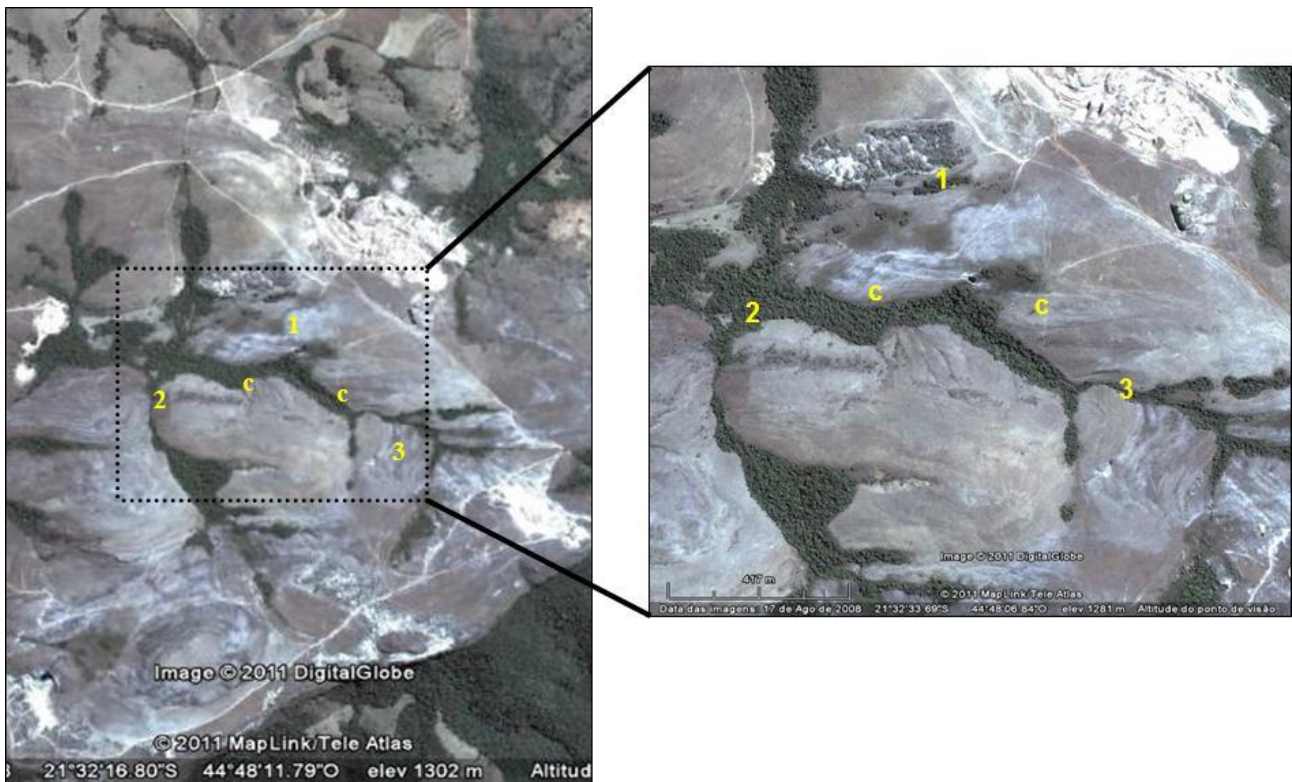


Figura 1. Distribuição das cavernas Gruta do Campo I (1), Gruta do Lobo (2), e Gruta do Mandembe (3), ao longo do vale do Mandembe, Luminárias, MG. São evidenciadas trilhas e minerações (branco), construções (c) e mata preservada nos arredores das cavernas (manchas escuras). Imagem Google Earth.

Luminárias está estrategicamente situada entre os municípios de Lavras (36 km) e São Thomé das Letras (49 km), no sul das Minas Gerais. Dotada de um grande potencial natural e cultural e com ambos ainda preservados, a mesma vem se destacando como um dos mais novos redutos do Ecoturismo de Minas Gerais. Compondo e se confirmando como uma das cidades carro-chefe do Circuito Turístico Vale Verde e Quedas D'Água (que conta com a participação de mais dez comunidades), no ano de 2006 o município conseguiu também sua inclusão no Programa Estrada Real. Com um grande número de cachoeiras, lindas cavernas de quartzito e rios com corredeiras, o município se mostra com total vocação para a prática de esportes de aventura como o Espeleoturismo de Aventura, Boiacross, Rapel, o Trekking, entre outras (Souza 2011).

2.2 Procedimentos de coleta

Os invertebrados nas cavernas foram previamente identificados em campo e tiveram alguns de seus espécimes manualmente coletados com auxílio de pinças e pincéis umedecidos em álcool 70%. Cada espécie identificada no campo recebia um número distintivo, sendo sua abundância plotada no mapa da caverna, segundo metodologia proposta por Ferreira (2004). Durante as coletas, foram priorizados microhabitats como troncos, depósitos de guano, espaços sob rochas e locais

úmidos. Em laboratório, os invertebrados foram identificados até o nível taxonômico acessível e separados em morfo-espécies a partir da definição de tipos morfológicos (morfortipos) e posteriormente reagrupados de acordo com as referências de campo (Oliver & Baettie 1996). A abundância geral de cada morfo-espécie foi obtida através da contagem dos indivíduos incluídos em cada croqui. Usos e alterações ambientais nas cavernas e entorno foram avaliados durante as visitas, segundo metodologia proposta por Souza-Silva (2008).

2.3 Análise de dados

Os valores de diversidade alfa (α) das comunidades de invertebrados associadas a cada caverna foram calculados através do índice Shannon-Weaver (Magurran 2004). A diversidade beta (β ou turnover) foi calculada, usando dados de presença e ausência, através do índice de Harrison (1992), modificado de Wittaker (1960), com a finalidade de comparar amostras de diferentes tamanhos. $\beta_{\text{Harrison}} = \{[(S/\alpha)-1]/(N-1)\} * 100$. Onde S = número total de espécies, α = riqueza média e N = número de amostras. Esta medida varia de 0 (nenhum turnover) até 100 (cada amostra tem um único conjunto de espécies) (Magurran 1955, Magurran 2004, Koleff *et al* 2003). O índice de dominância de Berger-Parker foi utilizado para acessar a importância relativa de espécies

dominantes nas comunidades (Magurran 2004). A curva cumulativa de espécies, utilizando a rarefação, que ilustra a razão com que as espécies são adicionadas na amostra, também foi calculada. A similaridade quantitativa da fauna entre as cavernas foi obtida através do índice de Jaccard (Magurran 2004). O programa utilizado para as análises foi o PAST (Hammer *et al* 2001).

3. RESULTADOS

Foi observado, nas três cavernas, um total de 3.794 invertebrados distribuídos em 104 espécies pertencentes à pelo menos 50 famílias (tabela 1). A gruta do Lobo apresentou a maior riqueza de invertebrados (58 spp. e 804 indivíduos), seguida da gruta do Campo I (35 spp. e 2395 indivíduos) e da gruta do Mandembe (31 spp. e 505 indivíduos).

A ordem mais rica foi Diptera (28 spp.), seguida de Araneae (19 spp.), Acari (10 spp.), Coleoptera (9 spp.), Hymenoptera (7 spp.), Collembola (6 spp.) e Lepidoptera (6 spp.) A ordem mais abundante também foi Diptera (2678 ind.) seguida de Acari (386 ind.), Collembola (131 ind.), Hymenoptera (126 ind.), Araneae (107 ind.), Coleoptera (73 ind.), Opiliones (64 ind.) (2 ind.) (figura 2).

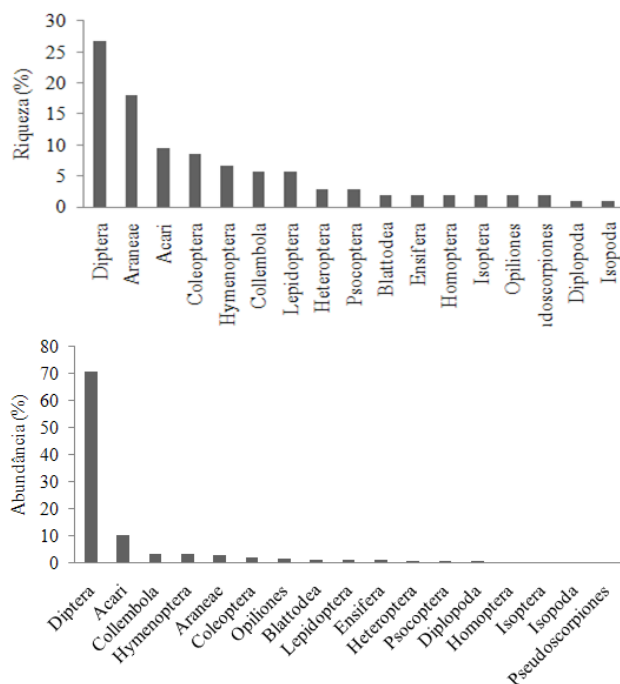


Figura 2. Porcentagens das riquezas e abundâncias dos invertebrados coletados em três cavernas quartzíticas no Vale do Mandembe, Luminárias, MG

Na gruta do Lobo foram encontradas 15 ordens de invertebrados, sendo as mais ricas Araneae (15 spp.) e Diptera (12 spp.) e as mais

abundantes Diptera (487 ind.) e Acari (69 ind.). Na gruta do Campo I foram encontradas 15 ordens de invertebrados, sendo as mais ricas Araneae (06 spp.) e Collembola (06 spp.) e as mais abundantes Diptera (2001 ind.) e Collembola (131 ind.). Finalmente, na gruta do Mandembe, foram encontradas 08 ordens de invertebrados, sendo as mais ricas Diptera (11 spp.), Araneae (05 spp.), Coleoptera (05 spp.) e Acari (05 spp.). As mais abundantes foram Acari (313 ind.) e Diptera (190 ind.) (figura 3).

As famílias observadas nos respectivos táxons foram: Diplopoda (Pseudonannoleniidae), Isopoda (Porcellionidae), Opiliones (Gonyleptidae), Pseudoscorpiones (Chernetidae), Acari (Anoetidae, Anystidae, Ascidae, Areynetidae, Ixodidae, Laelapidae, Macrochelidae, Macronyssidae, Raghididae e Veigaiidae), Araneae (Araneidae, Ctenidae, Pholcidae, Theridiosomatidae, Salticidae, Shymphytognatidae, Theridiidae e Trechaleidae), Coleoptera (Carabidae, Cholevidae, Pselaphidae, Staphylinidae e Tenebrionidae), Diptera (Calliphoridae, Ceratopognidae, Chironomidae, Culicidae, Dixidae, Drosophilidae, Keroplataidae, Muscidae, Mycethophilidae, Phoridae, Psychodidae, Simuliidae e Tipulidae), Ensifera (Phalangopsidae), Heteroptera (Ploiariidae e Reduviidae), Homoptera (Cicadellidae e Cixidae), Hymenoptera (Formicidae e Brachionidae), Isoptera (Termitidae), Lepidoptera (Noctuidae e Tineidae) (tabela 1). Não foi observado nenhum organismo com características troglomórficas.

Em relação às características tróficas, foi observado que na gruta do Lobo os recursos orgânicos são transportados por animais (*Desmodus rotundus* e *Streptoprocne* sp.) e depositados na parte mediana e final da caverna. Ao longo da gruta foram observados pequenos depósitos de guano de morcegos hematófagos e um grande depósito ao final do conduto, abaixo de uma grande colônia de *D. rotundus*. Nestes depósitos foram observados indivíduos de Drosophilidae (adultos e larvas). Nos condutos próximos à entrada foi observada a presença de “pelets” secos de fezes (possivelmente de tamanduá), mas nestes não havia fauna associada.

Na gruta do Mandembe foi observada uma pequena colônia (4 indivíduos) de morcegos carnívoros (*Chrotopterus auritus*). Entretanto, não havia depósitos de guano desta espécie na caverna. Nos corpos de água foram observados biofilmes alaranjados que provavelmente são oriundos do crescimento de ferrobactérias. Foi observada a presença de guano de Andorinhões (*Streptoprocne* sp) em vários locais da caverna. Nestes depósitos foram coletados principalmente ácaros (Macrochelidae, Ascidae, Ereyнетidae e Anoetidae),

dípteros (Phoridae, Psychodidae, Chironomidae e Drosophilidae) e coleópteros (Staphylinidae e Carabidae).

Na gruta do campo I foi observado, ao fundo da caverna, uma grande colônia de *Desmodus rotundus* e um grande depósito de guano destes morcegos. Tal depósito apresentava a borda pulverulenta (guano envelhecido) e a parte central mais pastosa (guano recém-depositado). Neste depósito havia milhares de larvas e adultos de dípteros (Drosophilidae), além de lepidópteros (Tineidae) e pseudoescorpiões (Chernetidae) associados. Além disto, foram observadas, nas proximidades da entrada, material vegetal (possivelmente veiculado pelo vento ou enxurradas), raízes da vegetação externa e uma carcaça de morcego.

A não estabilização da curva de rarefação indica que a riqueza das comunidades de invertebrados nas cavernas é representada por um número maior de espécies do que o observado

(figura 4). Os valores de similaridade quantitativa das comunidades de invertebrados entre as três cavernas foram baixos (< 10%) (figura 5).

A diversidade alfa foi maior na gruta do Lobo ($H' = 1,18$), seguida da gruta do Mandembe ($H' = 0,85$) e gruta do Campo I ($H' = 0,61$). A dominância foi maior na gruta do Mandembe (0,48), seguida da gruta do Campo I (0,41) e gruta do Lobo (0,32) (tabela 2). A β -diversidade encontrada foi de 77, 11.

Os impactos observados no entorno (250 m) das cavidades foram pastagens, vestígios de queimadas e trilhas. Entretanto, a 500 metros destas cavernas existem construções (casas) e atividades de mineração (figura 1). No interior das cavidades foram detectadas alterações oriundas de visitação (trilha e pisoteamento, principalmente na gruta do Mandembe). Além disto, a gruta do Mandembe passa por inundações durante fortes chuvas na região que pode atuar lixiviando os recursos orgânicos da caverna.

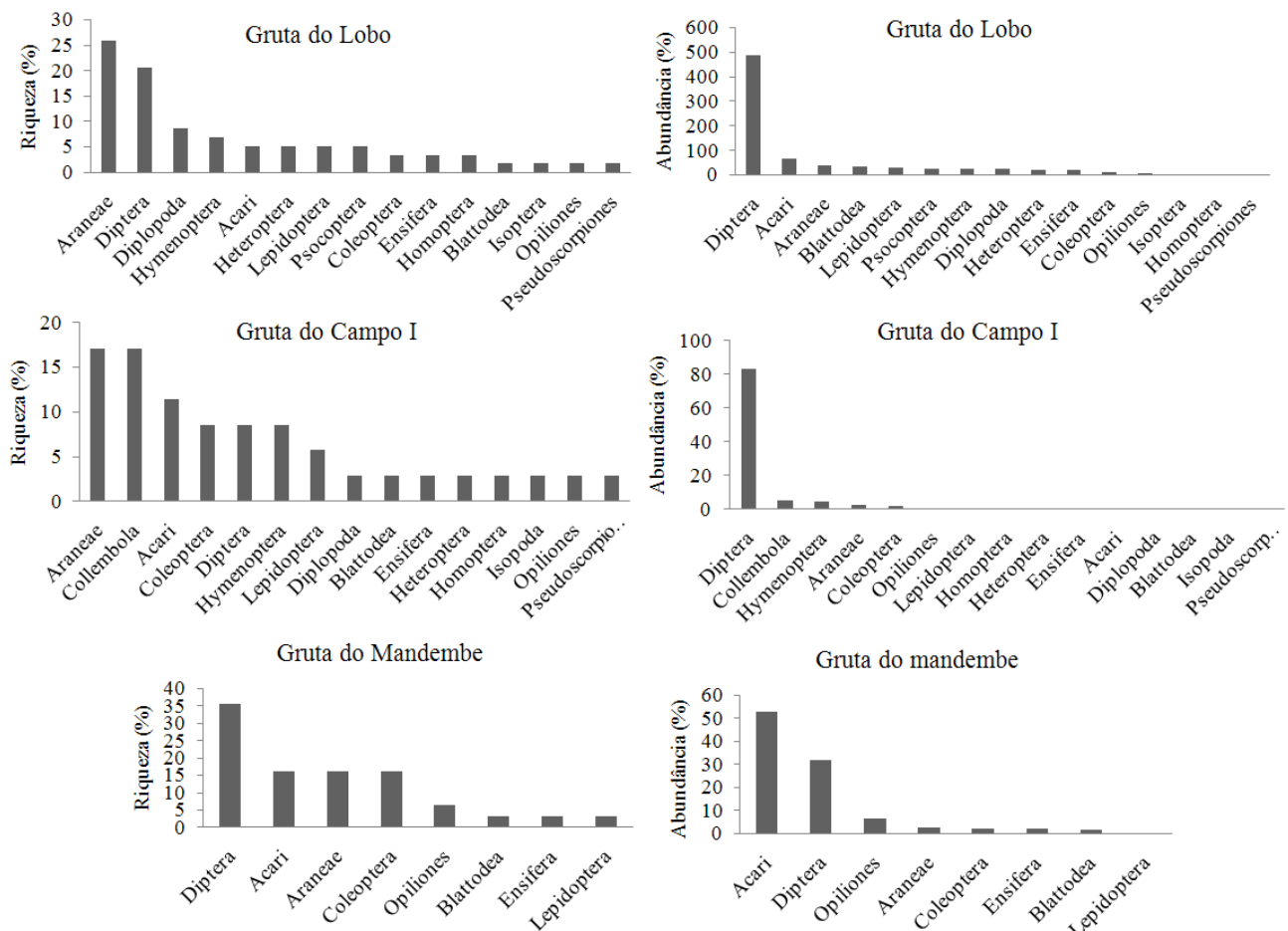


Figura 3. Porcentagens das riquezas e abundâncias dos invertebrados coletados nas grutas do Lobo, Campo I e Mandembe, Vale do Mandembe, Luminárias, MG.

Tabela 1. Composição, riqueza e abundância dos e invertebrados em três cavernas quartzíticas coletados nas grutas do Lobo, Campo I e Mandembe, Vale do Mandembe, Luminárias, MG. Riqueza (S), abundância (A).

Ordens	Famílias	Gênero ou espécies	Lobo		Campo		Mandembe	
			S	A	S	A	S	A
Acari	Anoetidae						1	1
	Anystidae		1	2	1	1		
	Ascidae						1	5
	Areynetidae						1	1
	Ixodidae				1	1		
	Laelapidae		1	50	1	1		
	Macrochelidae						1	305
	Macronyssidae		1	17				
	Raghididae				1	1		
Araneae	Veigaiidae						1	1
	NI		4	5				
	Araneidae		1	1				
	Ctenidae	<i>Enoploctenus</i> sp e <i>Isoctenus</i> sp	2	22	2	7		
	Pholcidae	<i>Mesabolivar</i> sp	1	2	1	43	2	12
	Theridiosomatidae	<i>Plato</i> sp			1	2		
	Salticidae		1	2				
	Shymphytognatidae		1	1				
	Theridiidae	<i>Theridion</i> sp	5	5	2	2	2	2
Coleoptera	Trechaleidae	<i>Trechalea</i> sp					1	1
	Carabidae						1	4
	Cholevidae		1	2				
	NI						3	8
	Pselaphidae				1	2		
	Staphylinidae		1	9	1	41	1	2
	Tenebrionidae				1	5		
Collembola	NI				6	131		
	Diplopoda	Pseudonannoleniidae	<i>Pseudonannolene</i> sp	5	24	1	2	
Diptera	NI		2	400	2	2000	1	33
	Calliphoridae				1	1		
	Ceratopognidae						1	100
	Chironomidae						1	40
	Culicidae	<i>Culex</i> sp	1	25				
	Dixidae						1	2
	Drosophilidae	<i>Drosophila</i> sp	1	35			1	4
	Keroplastidae						1	1
	Muscidae						1	1
	Mycethophilidae						2	7
	NI		3	4				
	Phoridae	<i>Conicera</i> sp	3	3				
	Psychodidae						1	1
	Simuliidae						1	1
	Tipulidae		2	20				
	Blattodea	NI	1	35	1	2	1	9
	Ensifera	Phalangopsidae	<i>Endecous</i> sp	2	20	1	5	1
Heteroptera	Ploiaridae		1	9				
	Reduviidae	<i>Zelurus</i> sp	1	13	1	6		
Heteroptera	NI	1	1					
Homoptera	Cicadellidae		1	1				
	Cixiidae		1	1	1	9		
Hymenoptera	Formicidae	<i>Atta</i> sp	3	13	3	100		
	Brachonidae		1	13				
Isopoda	Porcellionidae	<i>Trichorhina</i> sp			1	2		
Isoptera	Termitiidae		1	3				
Lepidoptera	Noctuidae	<i>Latebraria</i> sp.	2	30			1	1
	NI				1	1		
	Tineidae		1	1	1	12		
Opiliones	Cosmetidae/Gonyleptidae	<i>Acutisoma longipes</i> / <i>Mitogoniella taquara</i>	1	7	1	17	2	40
Pseudoscorpiones	Chernetidae		1	1	1	1		
Psocoptera	NI		3	27				
			58	804	35	2395	31	595

Tabela 2. Dominância, diversidade, abundância e riqueza dos invertebrados coletados em três cavernas quartzíticas no Vale do Mandembe, Luminárias, MG.

	Lobo	Campo I	Mandembe
Dominância	0,32	0,418	0,487
Diversidade	1,187	0,614	0,853
Abundância	938	2421	626
Riqueza total	60	37	33
Extensão (m)	122	60,6	244,6

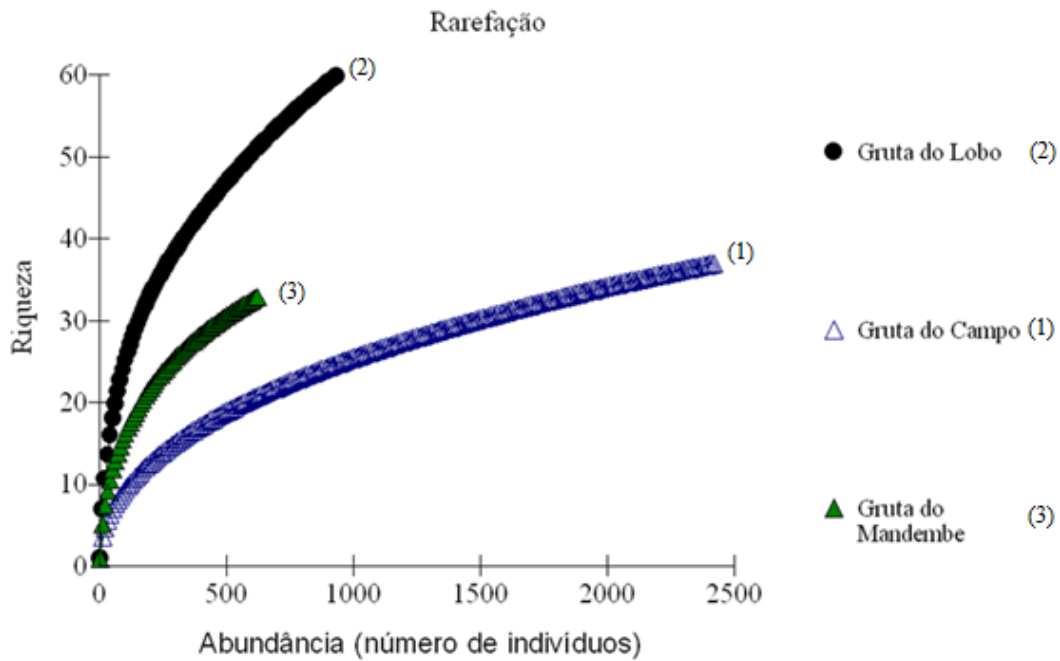


Figura 4. Curva de rarefação dos invertebrados coletados em três cavernas quartzíticas no Vale do Mandembe, Luminárias, MG.

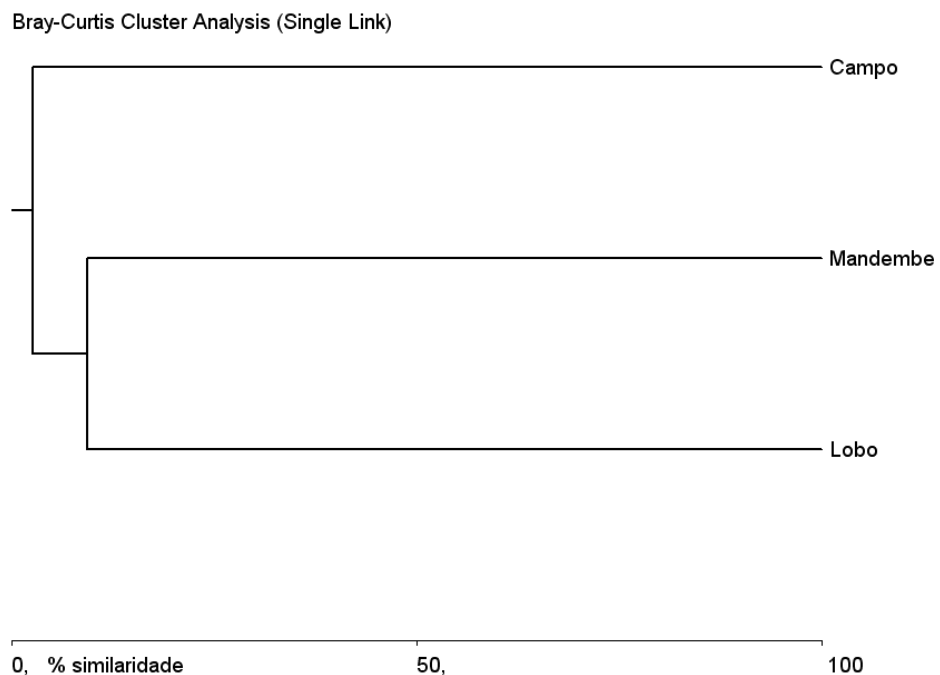


Figura 5. Similaridade da fauna de invertebrados coletados em três cavernas quartzíticas no Vale do Mandembe, Luminárias.

4. DISCUSSÃO

No Brasil estudos relacionados à biologia de cavernas quartzíticas ainda são escassos e foram realizados em apenas algumas cavernas presentes nos estados de Bahia e Minas Gerais (Gnaspini-Neto & Trajano 1994; Pinto da Rocha 1995, Ferreira 2004, Bueno-Silva 2008, Souza-Silva 2008). Ao longo do mundo somente, Sharratt et al (2000) avaliou ecologicamente cavernas quartzíticas.

Infelizmente, a comparação da composição, riqueza e diversidade da fauna das cavernas deste estudo com dados levantados por Gnaspini-Neto & Trajano (1994) e Pinto da Rocha (1995) é infactível. A metodologia empregada por estes autores aparentemente não resultou em uma amostragem eficaz da fauna (em decorrência do número reduzido de espécies evidenciadas). Além disso, tais autores não apresentaram quaisquer informações referentes à diversidade e dominância encontradas nestas cavernas.

Destaca-se que os trabalhos supracitados foram desenvolvidos há quase duas décadas, em um cenário onde o principal objetivo era o de se realizar levantamentos primários. No entanto, na atualidade, é fundamental que se passe a incluir análises ecológicas mais consistentes quando se objetiva realizar qualquer caracterização mínima de uma comunidade subterrânea.

Ferreira (2004) e Souza-Silva (2008) relatam valores de riqueza bastante variáveis para cavernas quartzíticas no Sul de Minas Gerais. Entretanto, parece existir uma relação de aumento da riqueza de espécie com o aumento da extensão das cavernas quartzíticas (Souza-Silva 2008).

Ferreira (2004) estudando quatro cavernas quartzíticas no estado de Minas Gerais (grutas Carimbado e Sobradinho em São Thomé das Letras, gruta da Toca em Carrancas e gruta do Muro Perdido em Guapé), encontrou riqueza média de 26,75 spp. ($\pm 1,25$) e diversidade média de 2,06 ($\pm 0,13$).

Souza-Silva (2008) estudou 14 cavernas quartzíticas no estado de Minas Gerais e encontrou riqueza média de 45 spp. (± 25) e diversidade média de 2,5 ($\pm 0,3$).

Sharratt et al (2000) estudou 31 cavernas quartzíticas na península de Cape na África do Sul e encontrou 85 spp.

Neste estudo, a riqueza média foi de 41, 3 spp., e somente a gruta do Lobo obteve valor de riqueza superior a 45 espécies. No entanto, a diversidade média foi de 0,88 spp.

Cavernas distintas podem apresentar valores de riqueza e diversidade consideravelmente diferentes mesmo se utilizando esforços amostrais semelhantes. Segundo Ferreira (2005) e Souza-Silva (2008), estas diferenças podem dever-se a diversos fatores, como a extensão linear das cavernas, suas condições tróficas e o grau de alterações antrópicas sofridas.

Além disso, variações no número de espécies são comuns mesmo em cavernas de litologias distintas. Cavernas ferruginosas em Minas Gerais, por exemplo, apresentam riquezas variando desde 24 até 69 espécies (Ferreira 2005). Zampaulo (2010) coletando em 282 cavernas carbonáticas na província Arcos-Pains-Doresópolis, em Minas Gerais, encontrou uma riqueza média de 35 spp. ($\pm 19,1$) e diversidade média de 2,46 ($\pm 0,51$).

A maior riqueza de invertebrados encontrada na gruta do Lobo pode se dever à maior extensão da mesma, quando comparada às demais cavernas. Apesar da gruta do Mandembe possuir uma maior extensão comparada à gruta do Lobo, ela possui grande parte do seu piso submerso, fato que reduz a disponibilidade de habitats para invertebrados terrestres.

A relação de aumento da riqueza com o aumento da projeção linear das cavernas está provavelmente relacionada a um aumento na disponibilidade de espaço (microhabitats) para a fauna. Cavernas maiores tendem a ser geomorfologicamente mais heterogêneas, o que provavelmente resulta em um aumento da quantidade de microhabitats (Ferreira 2004).

Bueno-Silva (2008), estudando comunidades de invertebrados aquáticos no riacho da gruta Mandembe, encontrou 112 espécies. Somando-as às 33 espécies de invertebrados terrestres encontradas neste estudo, observa-se um número muito superior (145 spp.) à média encontrada por Souza-Silva (2008) para cavernas quartzíticas. Destaca-se que Bueno-Silva (2008) realizou amostragens mensais nesta caverna durante seis meses, o que resultou na elevada riqueza observada.

Tal fato revela a importância dos riachos que nascem na superfície e adentram no subterrâneo, na manutenção da biodiversidade em algumas das cavernas estudadas. Souza-Silva (2003), estudando a dinâmica trófica de cavernas calcárias, também encontrou uma maior riqueza da fauna de invertebrados aquáticos em relação à terrestre.

Principalmente ao nível de ordens e famílias, existem grandes semelhanças na composição da fauna de invertebrados observados neste trabalho com a fauna apresentada pelos estudos realizados em

cavernas quartzíticas no país (Gnaspini-Neto & Trajano 1994; Ferreira 2004, Souza-Silva 2008). Os Principais gêneros observados neste estudo são bastante ubíquos em cavernas brasileiras (como *Enoploctenus* sp, *Isoctenus* sp, *Mesabolivar* sp., *Pseudonannolene* sp, *Drosophila* sp., *Conicera* sp., *Endecous* sp, *Zelurus* sp, *Mitogoniella* sp e *Acustisoma* sp) e até mesmo em cavernas de outras litologias (Souza-Silva 2008). Estas ocorrências podem dever-se ao fato de organismos pertencentes a estes grupos serem amplamente distribuídos e apresentarem hábitos alimentares detritívoros ou predadores generalistas, possibilitando colonizar cavernas, as utilizando como abrigo e/ou encontrado alimento e fundando populações residentes (Souza-Silva 2008).

O efeito da dominância de algumas espécies nas cavernas amostradas pode se dever à influência direta das condições tróficas de cada sistema. Em cavernas com uma grande disponibilidade de guano, comunidades associadas a estes recursos podem ter algumas espécies muito abundantes e conseqüentemente promover uma redução nos valores de diversidade e similaridade quantitativa e aumento nos valores de dominância (como exemplo: Acari, larvas de Diptera, Collembola, Ensfiera e Coleoptera).

Uma vez que se optou por trabalhar com coletas únicas em cada caverna, os modelos obtidos pelas curvas cumulativas de espécies e rarefação já eram esperados.

A tendência a não estabilização das curvas de rarefação para as cavernas pode dever se provavelmente ao fato que a heterogeneidade de microhabitats nas mesmas dificulta a coleta de algumas espécies. Provavelmente a presença de fissuras, blocos abatidos e corpos de água, permitem que algumas espécies não sejam acessadas pelo método de coleta visual (figura 4). É esperado que ambientes heterogêneos apresentem uma alta diversidade de espécies, abrigadas em micro e meso habitats (Palmer et al. 2002). Caso tivessem sido realizadas mais coletas em cada caverna, o número de espécies poderia ter sido maior, e os modelos gerados poderiam ter alcançado uma assíntota. No entanto, mesmo em estudos que consideraram um grande universo amostral, a assíntota não foi atingida. Zampaulo (2010), coletando em 296 cavernas, com metodologia similar a deste nosso estudo, na província Arcos-Pains, também não atingiu a assíntota. Por fim, é importante destacar que coletas sequenciais ou exaustivas em ambientes cavernícolas podem causar impactos irreversíveis à fauna (Ferreira 2004).

O alto valor de β -diversidade encontrado demonstra as grandes diferenças observadas na composição das comunidades das três cavernas e revela que cavernas próximas não necessariamente possuem comunidades semelhantes. Variações na estrutura física e trófica podem determinar enormes diferenças na composição das comunidades de invertebrados de cavernas (Ferreira 2003). Souza-Silva et al (2011) coletando em cavernas quartzíticas geograficamente distantes encontrou um valor de beta diversidade (54.74) menor do que encontrado para as 3 cavernas do vale do mandembe.

O dendrograma de similaridade mostra que a gruta do campo I apresenta-se como a mais distinta faunisticamente e a gruta do Lobo e Mandembe mostraram-se próximas em composição faunística, embora fisicamente distantes. Tal fato indica a importância das matas que acompanham o vale, unindo as cavernas do Lobo e Mandembe (figura 3), como possíveis “corredores” de migração de invertebrados, possibilitando um fluxo mais intenso destes organismos entre cavernas distantes (mas conectadas por estas florestas) do que entre cavernas próximas e “desconectadas” por espaços sem vegetação. Ferreira (2003) discute que a maior similaridade da fauna das cavernas Janelão e Brejal, cortadas pelo rio Peruaçu, pode dever-se à presença de matas ciliares perenifólias no rio Peruaçu que funcionam como prováveis “corredores” de migração de invertebrados. Tal conectividade pode possibilitar um fluxo mais intenso de organismos entre as cavernas distantes (mas conectadas por estas florestas) do que entre cavernas próximas e “desconectadas” por espaços sem vegetação.

As poucas alterações ambientais observadas no interior das cavernas podem decorrer da pequena extensão das mesmas, associadas à suas reduzidas belezas cênicas (excetuando-se a gruta do Mandembe). Tais características tornam estas cavernas pouco atrativas, o que pode estar contribuindo para a sua preservação. Entretanto, a tradição pecuária e de mineração da região colocam em risco as drenagens subterrâneas e a vegetação de entorno das cavernas.

Segundo Carvvalho e colaboradores (2007), no município de Luminárias, somente a gruta do Mandembe e a gruta Grande apresentam potencial espeleoturístico em função da estética, presença de corpo de água, facilidade dos caminhamentos em seu interior e formações raras.

Em geral, cavernas ou regiões com elevada beleza cênica, recebem um grande número de visitantes, encontrando-se em risco pelo uso desordenado e sem planejamento (Souza-Silva 2008). Entretanto, mesmo cavernas sem

expressividade cênica podem se encontrar ameaçadas por atividades agropecuárias e/ou extrativistas (Souza-Silva 2008).

Não foram encontradas espécies troglomórficas em nenhuma das três cavernas estudadas. Este fato pode dever-se à pequena extensão das cavernas aliada à provável baixa disponibilidade de espaços subterrâneos sub-perficiais (MSS). Mesmo em cavernas de pequenas extensões, pode-se encontrar espécies troglóbias se a existência de meso e micro cespacos subterrâneos permitiram o isolamento de populações hipógeas (Ferreira 2005, Souza Silva et al 2011).

Atualmente para o Brasil são relatadas aproximadamente 13 espécies troglomórficas em cavernas quartzíticas, distribuídas na Chapada Diamantina na Bahia (04 spp.) e Parque Estadual de Ibitipoca (09 spp.) em Minas Gerais, Brasil (Souza-Silva 2008, Trajano & Bichuette 2010).

Sharratt et al (2000) estudando cavernas quartzíticas na península de Cape na África do Sul e encontrou 13 espécies troglomórficas distribuídas em 31 cavernas de tamanho diferenciados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ashmole, N.P. 1994. Colonization of the underground environment in volcanic islands. *Memoires de Bioespéologie*, 20, 1-11.
- Auler A. S. 2006. Relevância de cavidades naturais subterrâneas: contextualização, impactos e aspectos jurídicos. *Relatório técnico, Ministério de Minas Energia (MME) Brasília*, 166pp. www.mme.gov.br.
- Bueno-Silva A. P. 2008. *Enriquecimento trófico em ambientes subterrâneos e suas aplicações para a conservação da biodiversidade de invertebrados aquáticos*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Lavras/Pós-Graduação em Ecologia aplicada 122 pp.
- Carvalho, V.C., Correa da Silva, M.A. & D. V. Oliveira 2007. Potencialidades espeleoturísticas da área carstica do município de Luminárias (MG, Brasil), *Revista de Turismo Y Patrimônio Cultural*, 3(5):383-390
- Chaimowicz.F. 1984. Levantamento bioespeleológico em algumas grutas de Minas Gerais. *Espeleo-tema*, 14:97-107.
- Culver, D. C., M. C. Christman, I. Sereg, P. Trontelj & B sket. 2004 . The Location of Terrestrial Species-Rich Caves in a Cave-Rich Area. *Subterranean Biology* 2: 27-32.
- Dessen. E.M B.Eston V. R. Silva M. S. M.Temperini-Beck T.& Trajano, E.1980. Levantamento preliminar da fauna de cavernas de algumas regiões do Brasil. *Ciência e Cultura*. 32(6):714-725.
- Ferreira R. L & Martins R. P. 1998. Diversity and distribution of spider associated with bat guano piles in Morrinho cave (Bahia state, Brazil). *Diversity and distribution* (1998)4,235-241.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de não ter sido encontrada nenhuma espécie troglomórfica, as cavernas deste estudo possuem uma expressiva singularidade, pelo fato de apresentarem uma elevada riqueza, diversidade e baixos valores de similaridade da fauna de invertebrados. Além disto, ocorrem condições ecológicas heterogêneas, principalmente em termos de estrutura trófica e disponibilidade de microhabitats (presença distinta de guano de andorinhão e de morcegos hematófago, cursos de água, matéria orgânica vegetal, raízes e blocos caídos nas diferentes cavernas) que podem ser facilmente afetadas com alterações no entorno e/ou visitaçao desordenada e sem o devido plano de manejo.

AGRADECIMENTOS

Daniele C. Pompeu, Cristhiane C. S. Liria, Leopoldo, F. O. Bernardi, Thais Giovanini, Marcela Alves, a prefeitura de Luminárias, SBE e CECAV. A Coordenadoria de Pesquisa do Centro Universitário de Lavras (UNILAVRAS). Ao laboratório de Zoologia e a Coordenação dos cursos de Ciências Biológicas Bacharelado e Licenciatura (UNILAVRAS) pelo suporte logístico.

- Ferreira R. L. & Pompeu, P.S. 1997. Riqueza e diversidade da fauna associada a depósitos de guano na gruta Taboa, Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil. *O Carste*, 9(2): 30-33.
- Ferreira R. L. 2003. *Plano de manejo do Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, bioespeleologia e paleontologia; subsídios para o estabelecimento do manejo bioespeleológico e paleontológico em algumas cavernas do Parque Nacional Cavernas do Peruaçu*, IBAMA, Fiat Automóveis, S/A, CSD Geoclock Geologia e Engenharia Ambiental Ltda. Relatórios de pesquisa das campanhas de avaliação ecológica rápida (AER), 7 volumes.
- Ferreira R. L. 2004. *A medida da complexidade ecológica e suas aplicações na conservação e manejo de ecossistemas subterrâneos*. Tese apresentada ao programa de pós-graduação em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 158pp.
- Ferreira R. L. 2005. A vida subterrânea nos campos ferruginosos. *O Carste*. 3(17):106-115.
- Ferreira R. L. 2006. Caracterização de ecossistemas subterrâneos do Complexo Mina do Pico (Itabirito, MG), *Minerações Brasileiras Reunidas, MBR*. Relatório Técnico 123 pp.
- Ferreira R. L., Prous, X., Bernardi, L. F. O. & Souza-Silva, M. 2010. Fauna subterrânea do estado do rio grande do norte: caracterização e impactos, *Revista Brasileira de Espeleologia*, 1(1):26-51
- Ferreira R. L., Souza-Silva, M. & Bernardi, L. F. O. 2009. Diagnostico do conhecimento da biodiversidade de invertebrados terrestres em Minas Gerais: contexto Bioespeleológico. *Biota Minas: Diagnostico do conhecimento sobre a biodiversidade no Estado de Minas Gerais - Subsídio ao programa biota minas*. Glaucia Moreira Drumond, Cássio Soares Martins e Fábio Vieira Editores, Fundação biodiversitas.
- Ferreira, R. L. & M. Souza-Silva. 2001. Biodiversity under rocks: the role of microhabitats in structuring invertebrate communities in Brazilian outcrops. *Biodiversity and Conservation* 10: 1171-1183.
- Gaston, K.J. 2000. Global patterns in biodiversity. *Nature* (45): 220-227.
- Gnaspini-Neto, P.; Trajano. 1994. E. Brazilian cave invertebrates, with a checklist of troglomorphic taxa, *Revista Brasileira de Entomologia*, (38): 549-584. 1994.
- Godoy, N. M.. Nota sobre a fauna cavernícola de Bonito, M.S. *Espeleo-tema*, 15: 79-91. 1986.
- Hammer, O., Harper, D.A.T., and Ryan P. D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp.
- Hoch, H. & Asche, M. 1993 Evolution and speciation of cavedwelling Fulgoroidea in the canary Islands (Homoptera: Cixiidae and Meenoplidae). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 109:53-101.
- Juberthie, C, Delay, B. & Bouillon, M. 1980. Sur l'existence d'un milieu souterrain superficiel en zone non calcaire. *Compte-rendu de l'Académie des Sciences de Paris*, 290: 49-52.
- Koleff, P., Gaston, K. J. & J. J. Lennon. 2003. Measuring beta diversity for presence-absence data *Journal of Animal Ecology* 72:367-382
- Machado, S.F.; Ferreira, R.L. 2005. In: Invertebrados. *Biodiversidade em Minas Gerais: um Atlas para a sua conservação*. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 94 p. 2005.
- Magurran, A. E. 1955. *Ecological Diversity and Its Measurement*. Cromm Helm, London, 179 pp.
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Science, Ltd, 256 pp.
- Medina, A L. & Oromi, P. 1990. First data on the superficial underground compartment in La Gomera (Canary Islands) *Memoires de Bioespéologie*. 17: 87-91.

- Oliveira- Filho & Fluminhan-Filho, M. 1999. Ecologia da Vegetação do Parque Florestal Quedas do Rio Bonito, *Cerne*.2(5):51-64.
- Oliver I & A. J. Beattie 1996. Invertebrate morphospecies as surrogates for species: a case study. *Conservation Biology*. 1(10): 99-109.
- Palmer, M.W., Earls, P., Hoaglan, D, B.W., White, P.S. and Wohlgemuth, T., 2002, Quantitative tools for perfecting species lists. *Environmetrics*, 13, pp. 121–137.
- Pinto-da-Rocha R. 1995. Sinopse da fauna cavernícola do Brasil. *Papéis Avulsos de Zoologia* 39 (6):61-173.
- Prous, X, Ferreira, R. L. & R. P. Martins. 2004. Ecótono delimitation: epigeal-hypogean transition in cave ecosystems *Austral Ecology* 29, 374–382
- SBE 2011. Sociedade Brasileira de Espeleologia: Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil - CNC. www.cavernas.org.br.
- Simon K.S., Pipan, T. & D.C. Culver. 2007. A conceptual model of the flow and distribution of organic carbon in caves. *Journal of Cave and Karst Studies*, 2(69):279–284.
- Souza, L. D. 2011. Luminárias MG, www.dicadeturismo.com.br/luminarias-mg.html, acessado em 05 de julho de 2011.
- Souza-Silva, M, Martins R. P. & R. L. Ferreira 2011. Cave lithology determining the structure of the invertebrate communities in the Brazilian Atlantic Rain Forest. *Biodiversity and Conservation* 8(20):1713-1729.
- Souza-Silva, M. & R. L. Ferreira 2009. 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*, 1(9):59-71.
- Souza-Silva, M. 2003. *Dinâmica de disponibilidade de recursos alimentares em uma caverna calcária*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais/Pós-Graduação em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre. 76pp.
- Souza-Silva, M. 2008. *Ecologia e conservação das comunidades de invertebrados cavernícolas na Mata Atlântica Brasileira*. Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, 211 pp.
- Trajano, E. & M. E. Bichuette 2010. Diversity of Brazilian subterranean invertebrates, with a list of troglomorphic taxa, *Subterranean Biology* 7: 1-16.
- Trajano, E. & Moreira, J.R.A. 1991. Estudo da fauna de cavernas da Província Espeleológica Arenítica Altamira-Itaituba, Pará. *Revista Brasileira de Biologia*, 51 (1):13-29.
- Trajano, E. & P. Gnaspini-Neto. 1986. Observações sobre a mesofauna cavernícola do Alto Vale do Ribeira, SP. *Espeleo-Tema*, 29-34.
- Trajano, E. ; Bichuette, M. E. & L. A. Souza. 2002. Expedição URCA-USP às cavernas da Chapada do Araripe, Ceará. *O Carste*, 3(16):74 – 81.
- Trajano, E. 1987. Fauna cavernícola brasileira: composição e caracterização preliminar. *Revista Brasileira de Zoologia*, 3(8):533-561.1987.
- Trajano, E. 2000. Cave faunas in the Atlantic tropical rain forest: composition, ecology and conservation. *Biotropica* 32:882-893. 2000.

Zampaulo, R. A. 2010. *Diversidade de invertebrados na província espeleológica de Arcos, Pains, Doresópolis (MG): Subsídios para a determinação de áreas prioritárias para a conservação*. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ecologia Aplicada da Universidade Federal de Lavras, MG 190 pp.

Zepelini-filho, D., Ribeiro A. C., Ribeiro, G. C., Fracasso, M. P. A., Pavani, M. M., Oliveira O. M. P., Oliveira, S. A. & A. C. Marques. 2003. Faunistic survey of sandstone caves from Altinópolis region, São Paulo State, Brazil. *Papéis avulsos de zoologia*, 43(5):93-99.

Fluxo editorial:

Recebido em: 18.02.2011

Corrigido em: 21.06.2011

Aprovado em: 01.07.2011



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp
