



ESPELEO-TEMA

REVISTA BRASILEIRA DEDICADA AO ESTUDO DE CAVERNAS E CARSTE

ISSN 0102-4701 (impresso)
ISSN 2177-1227 (on-line)

Volume 23 Número 1
Ano 2012



Caverna do Japonês (Pindorama do Tocantins TO)
Foto: Fernando Moraes - vide página 26

Artigos Originais

Aspectos ecológicos de uma caverna granítica no sul de Minas Gerais

Leopoldo Ferreira de Oliveira Bernardi, Thaís Giovannini Pellegrini, Erika Linzi Silva Taylor & Rodrigo Lopes Ferreira

Estudos ambientais em cavernas: os problemas da coleta, da identificação, da inclusão e dos índices

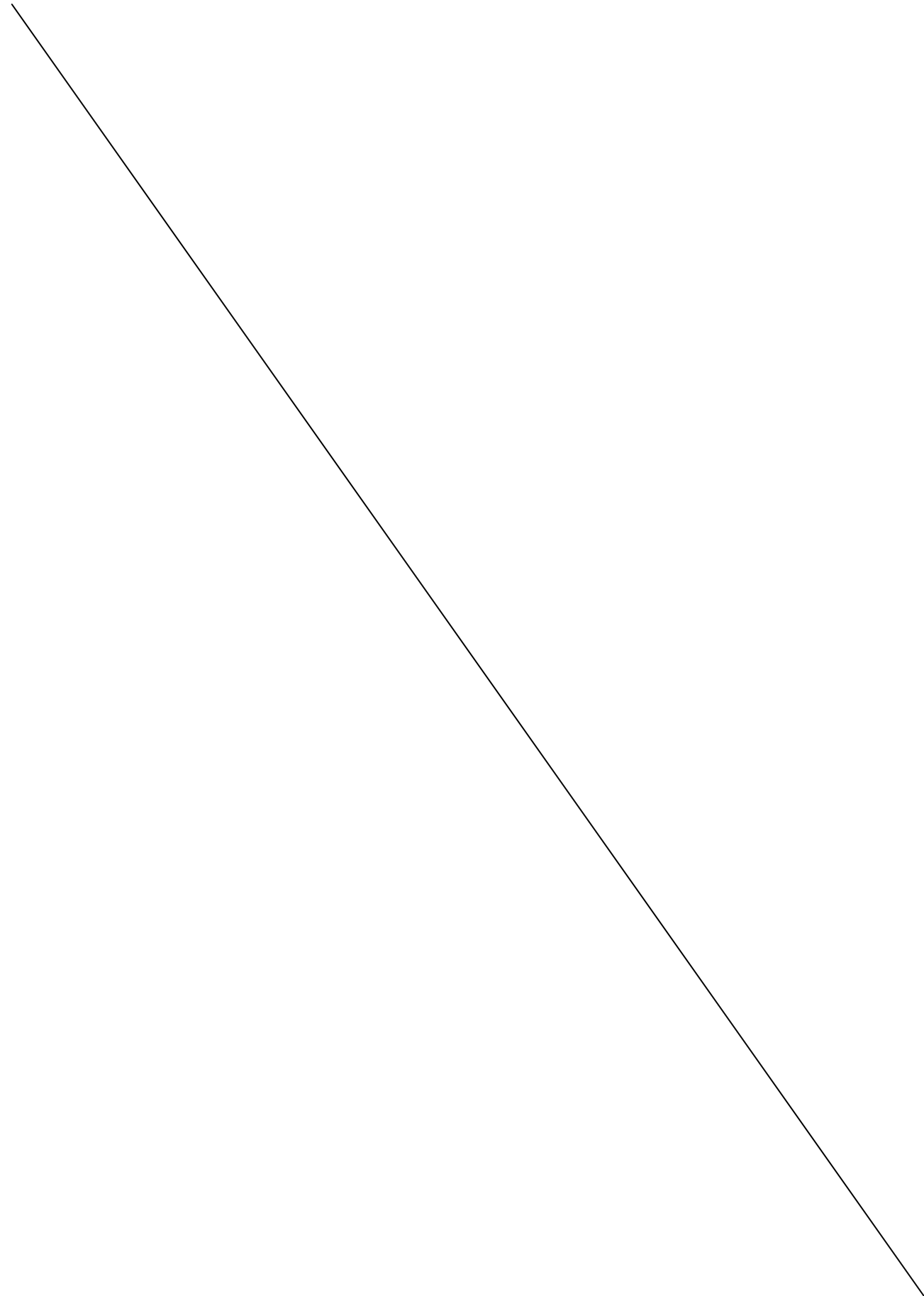
Eleonora Trajano, Maria Elina Bichuette & Marco Antônio Batalha

Ictiofauna epígea e hipógea da área cárstica de Pindorama do Tocantins – TO

Milton José de Paula, Alberto Akama & Fernando de Moraes

Sociedade Brasileira de Espeleologia

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



EXPEDIENTE



Sociedade Brasileira de Espeleologia
(Brazilian Speleological Society)

Endereço (Address)

Caixa Postal 7031 – Parque Taquaral
CEP: 13076-970 – Campinas SP – Brasil

Contatos (Contacts)

+55 (19) 3296-5421
espeleo-tema@cavernas.org.br

Gestão 2011-2013 (Management Board 2011-2013)

Diretoria (Direction)

Presidente: Marcelo Augusto Rasteiro
Vice-presidente: Ronaldo Lucrécio Sarmiento
Tesoureiro: Pavel Carrijo Rodrigues
1º Secretário: Roberto Rodrigues
2º Secretário: Henrique Simão Pontes

Conselho Fiscal (Supervisory Board)

Linda Gentry El-Dash
Sibele Fernandes de Oliveira Sanchez
Jefferson Esteves Xavier
Luciano Emerich Faria – suplente (*alternate*)
Nilton José Duarte – suplente (*alternate*)

ESPELEO-TEMA

Editoras-Chefes (*Chief Editor*)

Dra. Maria Elina Bichuette
Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR

MSc. Livia Medeiros Cordeiro Borghezán
Universidade de São Paulo – USP

Editor Assistente (*Assistant Editor*)

Esp. Marcelo Augusto Rasteiro
Sociedade Brasileira de Espeleologia – SBE

Conselho Editorial (*Editorial Board*)

Dr. William Sallun Filho
Instituto Geológico do Estado de São Paulo – IG/SMA-SP

Dr. Luiz Eduardo Panisset Travassos
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC/Minas

Editores Associados (*Associate Editors*)

Antropologia

MSc. Elvis Pereira Barbosa (UESC)

Arqueologia

Dr. Walter Fagundes Morales (UESC)

Carste em Litologias Não-Carbonáticas

Dr. Rubens Hardt (UNESP)

Climatologia

Dr. Emerson Galvani (USP)

Ecologia

Dr. Rodrigo Lopes Ferreira (UFPA)

Educação Ambiental

Dr. Luiz Afonso Vaz de Figueiredo (CUFSA)

Espaço e Território

Dr. Eduardo Pazera Júnior (GEP)

Espeleobiologia

Dra. Maria Elina Bichuette (UFSCAR)

Espeleogeologia

Dr. William Sallun Filho (IG/SMA-SP)

Geodiversidade e Geoconservação

Dr. Paulo César Boggiani (USP)

Geomorfologia

Dr. William Sallun Filho (IG/SMA-SP)

Hidrogeologia

Dr. Murilo Andrade Valle (CUFSA)

Geoprocessamento e SIGs

Dr. Carlos Henrique Grohmann (USP)

História da Espeleologia

Dr. Luiz Eduardo Panisset Travassos (PUC-MG)

Legislação Ambiental

Dr. Marcos Paulo de Souza Miranda (MPE-MG)

Manejo Ambiental

Dr. Heros Augusto Santos Lobo (UFSCAR)

Mapeamento e Prospecção de Cavernas

Fábio Kok Geribello (UPE)

Micologia

Dr. Eduardo Bagagli (UNESP)

Mineração

Dr. Hélio Shimada (IG/SMA-SP)

Patogênias e Vetores

Dra. Eunice Bianchi Galatti (FSP/USP)

Percepção e Interpretação Ambiental

Dr. Jadson Rebelo Porto (UNIFAP)

Religião e Religiosidade

Dr. Luiz Eduardo Panisset Travassos (PUC-MG)

Quadro de Revisores (*Board of Reviewers*)

Dr. Abel Perez Gonzalez (UFRJ)
Dr. Antonio Liccardo (UEPG)
Dr. Cláudio M. Teixeira-Silva (UFOP)
Dr. Fernando Morais (UFT)
MSc. Gabriela Slavec (UPE)
Dr. Gilson Burigo Guimarães (UEPG)
Dr. Gustavo Armani (IG/SMA-SP)

Dr. Luis Anelli (USP)
Dr. Marconi Souza Silva (UNILAVRAS)
Dr. Mário Sérgio de Melo (UEPG)
MSc. Maurício de A. Marinho (Instituto EcoFuturo)
Dr. Ricardo Fraga Pereira (Geoklock)
Dr. Valter Gama de Avelar (UNIFAP)

Apoio à Tradução (*Translation support*)

Dra. Linda Gentry El-Dash (UNICAMP)

SUMÁRIO (CONTENTS)

Editorial	4
------------------	----------

ARTIGOS ORIGINAIS

Espeleobiologia:

Aspectos ecológicos de uma caverna granítica no sul de Minas Gerais

Ecological aspects of a granite cave in southern Minas Gerais

Leopoldo Ferreira de Oliveira Bernardi, Thaís Giovannini Pellegrini, Erika Linzi Silva Taylor
& Rodrigo Lopes Ferreira

5

Estudos ambientais em cavernas: os problemas da coleta, da identificação, da inclusão e dos índices

Environmental studies in caves: the problems of sampling, identification, inclusion, and indices

Eleonora Trajano, Maria Elina Bichuette & Marco Antônio Batalha

13

Ictiofauna epígea e hipógea da área cárstica de Pindorama do Tocantins – TO

Epigean and hypogean ichthyofauna from Pindorama do Tocantins karst area, Tocantins state

Milton José de Paula, Alberto Akama & Fernando de Morais

23

DADOS DO VOLUME 22

Sumário de títulos / Summary of titles	31
---	-----------

Índice de assuntos / Index of subjects	33
---	-----------

Índice de autores / Index of authors	34
---	-----------

Quadro de avaliadores / Board of review	35
--	-----------

Gestão editorial / Editorial management	36
--	-----------

EDITORIAL

Apresentamos aqui o volume 23 do periódico *Espeleo-Tema*, o qual assumimos como editoras-chefes em outubro 2011. Quando foi-nos incumbida esta tarefa pela Sociedade Brasileira de Espeleologia, representada pelo Sr. Marcelo Rasteiro, assumimos que seria uma grande responsabilidade manter o trabalho voluntário e competente do antigo editor, Dr Heros Lobo, o qual tem nos auxiliado em diversas tarefas.

Coincidentemente, os três artigos originais publicados no presente volume tratam o tema espeleobiologia, nossa especialidade. Os trabalhos publicados focam estudos espeleofaunísticos, apresentando dados inéditos para cavernas de Minas Gerais e Tocantins, além de um artigo apresentando uma discussão sobre as dificuldades metodológicas que permeiam os estudos de fauna subterrânea em geral, propondo uma reflexão ampla, essencial no atual momento de mudanças na legislação ambiental brasileira, como o Código Florestal Brasileiro e, mais em um contexto espeleológico, a revisão da Instrução Normativa relacionada ao Decreto 6640 para fins de licenciamento ambiental.

Consideramos que cabe a todos nós a responsabilidade de tornarmos público os resultados de nossas pesquisas para que a divulgação alcance os diversos níveis intelectuais e possibilitem aos tomadores de decisão o acesso às informações robustas para que as discussões sejam aprofundadas. Sendo assim, aproveitamos para agradecer a confiança depositada pela SBE e pelo Dr. Heros Lobo e, igualmente, convidamos a todos que tenham resultados relacionados a estudos espeleológicos a submeterem seus trabalhos ao *Espeleo-Tema*.

Boa leitura!

*Maria Elina Bichuette &
Lívia M. Cordeiro-Borghezan*
Editoras-Chefes



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

ASPECTOS ECOLÓGICOS DE UMA CAVERNA GRANÍTICA NO SUL DE MINAS GERAIS

ECOLOGICAL ASPECTS OF A GRANITE CAVE IN SOUTHERN MINAS GERAIS

Leopoldo Ferreira de Oliveira Bernardi (1), Thais Giovannini Pellegrini (1), Erika Linzi Silva Taylor (2) & Rodrigo Lopes Ferreira (3)

- (1) Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada / Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras-MG. Bolsista Capes.
(2) Programa de Pós-Graduação em Microbiologia / Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte-MG. Bolsista Fapemig.
(3) Laboratório de Ecologia Subterrânea, Setor de Zoologia, Departamento de Biologia / Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras-MG.

Contatos: leopoldobernardi@yahoo.com.br; thais.g.pellegrini@gmail.com; taylor.els@gmail.com; drops@ufla.br.

Resumo

Estudos de comunidades associadas à cavernas graníticas no Brasil são raros. O objetivo deste trabalho é apresentar dados de riqueza de espécies, abundância das populações, diversidade e equitabilidade e complexidade de invertebrados de uma caverna granítica denominada Gruta do Pinhão Assado, localizada na região da Serra da Mantiqueira, no município de Itamonte, Minas Gerais. Tal cavidade apresentou 52 espécies, pertencentes a 21 ordens e 36 famílias. Os valores encontrados para equitabilidade, diversidade e complexidade ecológica foram 0.7079, 2.783 e 3.88, respectivamente. A comunidade de invertebrados é constituída principalmente por espécies troglófilas, presentes preferencialmente nas proximidades das entradas. Nestes locais existe uma grande quantidade de recursos orgânicos carreados pela água e pelo vento. Poucos estudos fazem referência à biologia de cavidades formadas em rochas magmáticas no Brasil. Desta forma, faz-se necessário aprofundar o conhecimento da fauna associada a estas cavernas, subsidiando assim futuras decisões acerca da preservação da fauna e destas cavernas.

Palavras-Chave: Granito; Itamonte; invertebrados; bioespeleologia.

Abstract

Studies about communities associated to granitic caves from Brazil are scarce. This work aims to present data about species richness, populational abundance, diversity and equitability of invertebrates from a granitic cave called Gruta do Pinhão Assado, located in the region of Serra da Mantiqueira, municipality of Itamonte, Minas Gerais state. This cave presented 52 species belonging to 21 orders and 36 families. The values of equitability, diversity and ecological complexity were 0.7079, 2.783 and 3.88, respectively. The community of invertebrates is constituted mainly by troglophile species, present rather near the entrances, where there is a substantial amount of organic material carried by water and wind. Few studies mention the biology of caves formed in magmatic rocks in Brazil. Therefore, it is necessary to improve the knowledge about the fauna associated to these caves subsidizing, this way, future decisions about preservation of fauna and caves.

Key-Words: Granite; Itamonte; invertebrates; biospeleology.

1. INTRODUÇÃO

Cavernas são cavidades naturais subterrâneas que ocorrem, em sua maioria, em relevos cársticos. Tais relevos compreendem sistemas constituídos por rochas carbonáticas, onde predominam os processos de dissolução na determinação de suas feições (LINO, 2001). Outras litologias, como quartzitos, arenitos, granitos, minério de ferro, dentre outras, também são susceptíveis à formação de cavernas (AULER & PILO, 2005). Entretanto, cavernas

inseridas em sistemas rochosos menos solúveis são mais raras, devido à dificuldade na formação de espaços subterrâneos.

Dentre as inúmeras cavernas existentes em território brasileiro, merecem menção aquelas constituídas de rochas graníticas. As cavernas graníticas podem ser formadas por diferentes processos. De acordo com Twidale e Romaní (2005) existem três tipos básicos de gênese: o primeiro refere-se àquelas cavernas formadas a partir de

planos de fraturas existentes na rocha matriz, que são expandidos por processos erosivos físicos ou químicos; o segundo refere-se às cavernas associadas a grandes blocos graníticos erodidos que se agrupam deixando espaços subterrâneos de formas irregulares. Tais cavernas são conhecidas como cavernas de tálus. Por último, existem cavidades (ou concavidades) que se desenvolvem como alvéolos no interior do magma, quando este é preenchido por gases aprisionados no interior da rocha durante o processo de extrusão vulcânica. Tais cavidades, conhecidas por tafonis, são posteriormente expostas (após sua gênese) por processos erosivos.

Independentemente da rocha na qual a caverna se insere, ambientes subterrâneos apresentam uma série de características peculiares. Dentre elas, destaca-se a maior estabilidade na temperatura e umidade que o ambiente epígeo circundante, além da ausência permanente de luz em suas porções mais interiores (POULSON & WHITE, 1969; CULVER, 1982).

A condição de ausência permanente de luz no interior das cavernas impossibilita a ocorrência de organismos fotossintetizantes. Em consequência disso, a disponibilização de recursos orgânicos neste ambiente ocorre principalmente por meio da importação por agente abióticos (e.g. vento e água das chuvas) e bióticos (e.g. morcegos) do ambiente epígeo para o hipógeo (HARRIS, 1970; CULVER 1982; SOUZA-SILVA 2003; SOUZA-SILVA *et al.*, 2007; FERREIRA *et al.*, 2006). Existem, também, outras vias menos convencionais, como raízes vegetais que crescem interceptando galerias de cavernas (HOWARTH, 1983). O tipo, a qualidade do recurso bem como sua forma de distribuição no sistema são importantes determinantes da composição e abundância da fauna presente em cavernas (FERREIRA 2004).

O número de estudos que visam compreender os aspectos ecológicos referentes às comunidades presentes em cavernas no Brasil tem crescido nos últimos anos. Entretanto, a maioria das cavernas estudadas até o momento está situada em rochas carbonáticas, sendo bastante incipiente o conhecimento sobre cavernas graníticas. Desta forma, este trabalho teve como objetivo inventariar a fauna de invertebrados associados a uma caverna granítica, bem como sua caracterização física e dos recursos alimentares presentes.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O local de estudo consiste de uma área periférica ao Parque Nacional de Itatiaia que está localizado no Maciço do Itatiaia, na Serra da Mantiqueira. A região é caracterizada por um relevo montanhoso, acidentado e com altitudes variando de 580 a 2.787 metros. Há um predomínio de floresta ombrófila densa e ombrófila nebulosa, havendo também a presença de muitas orquídeas e florestas de araucárias. Em alguns locais observa-se adensamentos de bambus. Existem ainda os campos de altitude, ocupando os platôs e as escarpas isoladas.

A Gruta do Pinhão Assado (S22° 21' 97'' W44° 48' 21'', SAD 69), local onde foi realizado o presente estudo, recebeu este nome em função de sua localização (Fazenda Pinhão Assado, Itamonte-MG). Não há registros desta caverna nos cadastros nacionais de cavidades. A Gruta do Pinhão Assado está inserida em rocha granítica e localiza-se a 1.690 metros de altitude, em uma área com predomínio de floresta ombrófila.

2.1.1 Caracterização da cavidade

A presente cavidade é um típico sistema de talus, formado basicamente por três grandes blocos rochosos, sendo apenas uma pequena parte do sistema acessível ao homem. Não existem pontos onde a dissolução da rocha seja visível, entretanto o piso apresenta sinais de que durante chuvas intensas seja lavado e erodido.

A entrada principal da cavidade está muito próxima a uma estrada, única via de acesso à antena de comunicação regional e uma área de lazer utilizada pela população local. Mesmo sendo possível a visualização da entrada da caverna por quem passa na estrada, existem poucos sinais de visitação à cavidade (FIGURA 1).

A caverna apresenta uma pequena clarabóia, duas pequenas entradas laterais, e uma entrada principal onde é possível o acesso pelo homem (FIGURA 2). Aberturas exercem um importante papel na captação de recursos alimentares que acessam as cavidades por meio de ventos, cursos de água temporários ou perenes (e.g. enxurradas e rios) (SOUZA-SILVA 2003, SOUZA-SILVA *et al.* 2007).

Essas aberturas, tanto as laterais como a central, dão acesso direto a um único salão que apresenta 15 metros de extensão linear entre os pontos opostos mais distantes. Em quase toda a

cavidade predomina uma zona de penumbra e somente na região posterior a um bloco rochoso encontra-se uma área totalmente afótica. Uma pequena drenagem percorre toda a cavidade e seu ponto de surgência encontra-se em uma região afótica e inacessível ao homem. Este pequeno curso de água corre em direção à entrada principal, desaparecendo em meio a blocos abatidos, antes de atingir o meio epígeo.

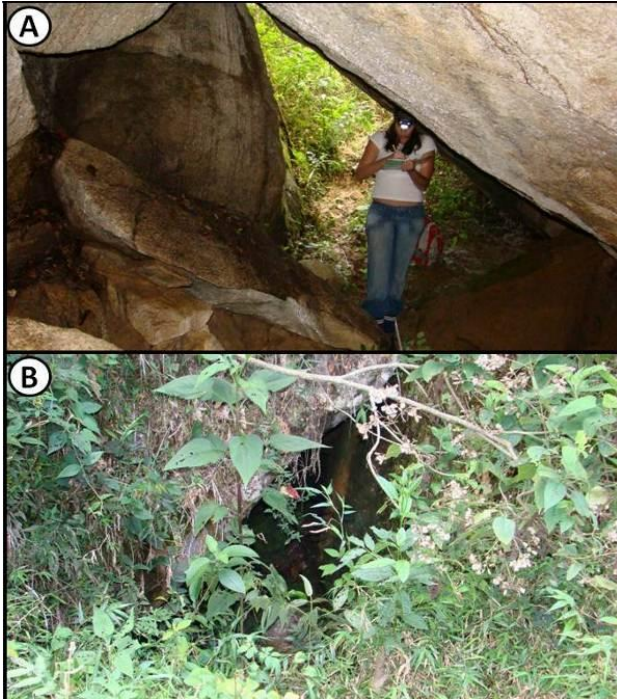


Figura 1: Aspecto gerais da entrada da Gruta do Pinhão Assado. (A) Entrada vista do meio hipógeo; (B) Entrada vista do meio epígeo

2.3 Coleta de Invertebrados e caracterização de recurso alimentares

A coleta de invertebrados foi realizada no dia 16 de outubro de 2009. Os organismos foram coletados manualmente com o auxílio de pinças e pincéis. Essa coleta foi realizada por toda a extensão da cavidade e cada organismo coletado foi plotado em um croqui esquemático da cavidade. Tal procedimento teve como objetivo visualizar a distribuição e abundância de cada espécie em diferentes pontos da caverna. Durante a amostragem dos invertebrados foi dada uma atenção especial aos depósitos de matéria orgânica (e.g. guano, matéria orgânica vegetal, etc), pois nestes locais podem ser encontrados grandes adensamentos de espécies e populações (FERREIRA, 2004). Cada espécie teve no máximo 3 indivíduos coletados, que foram fixados em álcool 70%, e posteriormente foram levados ao laboratório para a identificação ao menor nível taxonômico possível. Para auxiliar nas identificações dos invertebrados foram utilizados os

trabalhos de JOHNSON e TRIPLEHORN (2004), KRANTZ e WALTER (2009) e ADIS (2002).

Todos os indivíduos coletados estão depositados na coleção de Invertebrados Subterrâneos de Lavras (ISLA), Setor de Zoologia/Departamento de Biologia - Universidade Federal de Lavras.

Foi realizada uma varredura visual *in situ* dos depósitos de recursos orgânicos existentes na cavidade para uma avaliação qualitativa destes. Os tipos de recursos foram anotados e plotados no mapa com a finalidade de caracterizar os tipos depósitos de matéria orgânica e suas respectivas distribuições no interior da caverna.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Recursos orgânicos presentes no meio hipógeo

Foi encontrada uma grande quantidade de recursos orgânicos situados preferencialmente nas proximidades das duas aberturas laterais da cavidade. A condição topográfica das entradas em declive favorece o aporte físico de materiais (inclusive orgânicos) para o interior de cavidades subterrâneas (SOUZA-SILVA et al 2007). Junto à entrada principal foi encontrada pouca quantidade de matéria orgânica. Tal fato certamente decorre do desmatamento observado na região epígea em função da construção de uma estrada.

Além dos depósitos de matéria orgânica vegetal, existe no centro do salão uma pequena mancha de guano de morcego onde foi possível observar vestígios de restos vegetais recentes (Piperaceae: *Piper sp.*). O guano de morcegos é uma importante fonte de recurso alimentar, sendo muitas vezes o responsável pela manutenção de populações viáveis de invertebrados, tais como ácaros, colêmbolos, psocópteros, dentre outros (FERREIRA & POMPEU 1997, FERREIRA & MARTINS 1998, FERREIRA & MARTINS 1999).

3.2 Caracterização geral da fauna presente na cavidade

Foram encontradas 52 morfoespécies, distribuídas em 21 ordens e pelo menos 36 famílias (Tabela 1). Nenhum organismo troglomórfico foi encontrado nesta cavidade.

As ordens que apresentaram a maior riqueza foram Araneae e Collembola com seis espécies cada uma. As ordens mais abundantes foram Hymenoptera e Isoptera, representadas principalmente pelas famílias Formicidae e

Termitidae em decorrência da presença de colônias destes organismos no interior da caverna. A ordem Collembola também apresentou uma grande abundância de indivíduos, principalmente nas regiões de acúmulo de matéria orgânica, próximo as entradas.

Os estudos biológicos em cavidades graníticas também são raros. GNASPINI-NETO e TRAJANO

(1994) foram os primeiros a apresentarem relatos sobre a fauna em cavernas graníticas. No trabalho dos referidos autores foram amostradas três cavernas no estado de São Paulo, sendo a Gruta dos Crioulos (Campos do Jordão) a que apresentou a maior riqueza com 31 espécies, seguida da Gruta da Quarta Divisão (Riberão Pires) com 23 espécies e a Gruta do Quarto Patamar (Santo André) com 16 espécies.

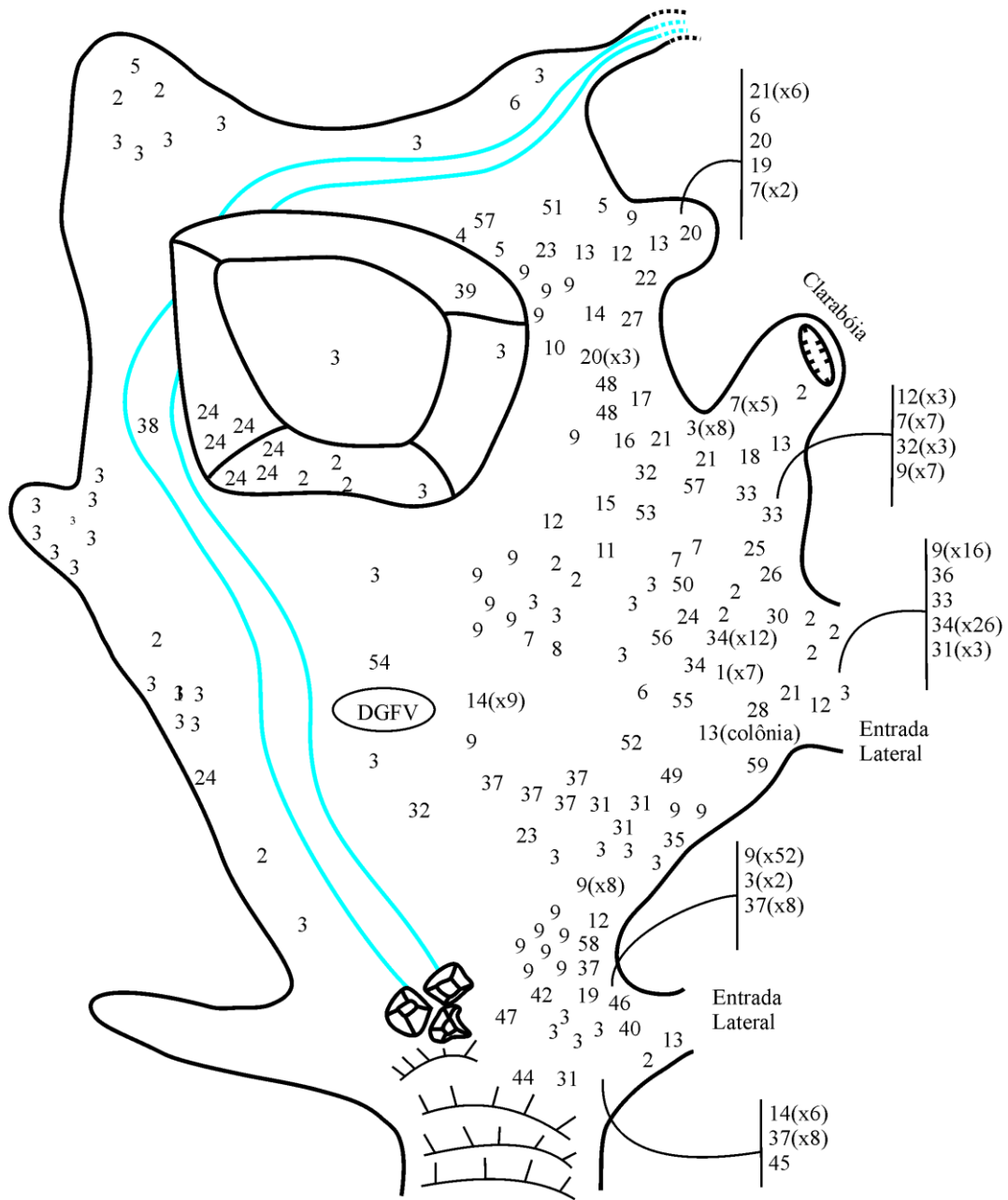
Tabela 1: Taxa encontrados na cavidade com suas respectivas morfoespécies e abundâncias de indivíduos.

Nº	Táxon	Espécie	Ab	Nº	Táxon	Espécie	Ab
	Turbellaria				Sarcopdiformes		
	Tricladida			59	---	sp1	1
38	---	sp1	1	56	---	sp1	2
	Nematoda				Entognatha		
18	---	sp1	4		Diplura		
	Oligochaeta			27	Japygidae	sp1	1
	Haplotaxida				Collembola		
11	---	sp1	1	34	---	sp1	26
	Gastropoda			9	---	sp2	10
	Pulmonata			37	---	sp3	15
20	---	sp1		15	---	sp4	1
	Malacostraca			14	---	sp5	17
	Isopoda			55	---	sp6	1
51	Plathyartridae	<i>Trichorina</i> sp	1		Isoptera		
52	Phylosciidae	sp	1	10	Termitidae	sp1	col.
	Myriapoda				Coleoptera		
	Siphonophorida			33	---	Larva sp1	3
57	Siphonophoridae	sp1	2	17	---	Larva sp2	1
	Spirostreptida			12	Pselaphidae	sp1	9
4	Pseudonannolenidae	sp1	2	44	Sthaphilinidae	sp1	1
	Polydesmida				Hymenoptera		
40	---	sp1	1	26	---	sp1	1
	Arachnida			13	Formicidae	sp1	col.
	Opiliones			48	Formicidae	sp2	2
6	Gonyleptidae	sp1	3	49	Formicidae	sp3	1
2	Gonyleptidae	<i>Mitogoniela</i> sp	13	50	Formicidae	sp4	2
32	Gonyleptidae	<i>Goniosoma</i> sp	5		Hemiptera		
	Arachnida			53	---	sp1	1
	Araneae			35	Enicocephalidae	sp1	1
21	---	sp1	5	23	Reduviidae	<i>Zelurus</i> sp.	2
5	Theridiidae	sp1	9	7	Cixiidae	sp1	15
30	Ctenidae	sp1	1		Diptera		
54	Ctenidae	sp2	1	24	Keroplastidae	Larva sp1	8
8	Ctenidae	<i>Ctenus</i> sp	1	46	Chironomidae	Larva sp1	1
25	Pholcidae	<i>Mesabolivar</i> sp	28	58	Ceratopogonidae	sp1	1
31	Ochiroceratidae	sp1	7	39	Culicidae	sp1	1
	Scorpiones				Ensifera		
19	Butidae	sp1	1	3	Phalangopsidae	sp1	32
	Pseudoscorpiones						
22	Chernetidae	sp1	1				
	Trombidiformes						
47	---	sp1	1				
28	---	sp2	1				
42	Rhagidiidae	sp1	1				

Legenda: Nº= refere-se ao número de representação da espécie no croqui esquemático da cavidade; Ab= abundância.; Col.= colônia.

Mais recentemente, em um trabalho sobre a fauna associada a cavernas da Mata Atlântica, SOUZA-SILVA (2008) amostrou um total de 32 cavidades inseridas em rochas magmáticas, sendo que estas cavidades representam 31% das cavidades amostradas no trabalho. A riqueza nestas cavidades variou entre 79 espécies, encontrada na Gruta do André Huschi (Santa Tereza-ES), e apenas 10

espécies na Gruta da Manga de Pedra (Nacip Raidan – MG). A Gruta do Pinhão Assado apresentou um elevado número de espécies quando comparado a grande parte das cavidades de mesma litologia inventariadas por SOUZA-SILVA (2008) e por GNASPINI-NETO e TRAJANO (1994), com 52 morfoespécies.



Legenda: DGFV: Depósito de guano de frugívoros velho. Os números entre parênteses indicam a abundância local de cada uma das espécies.

Figura 2: Croqui com representação esquemática da cavidade, onde pode ser observado a abundância e distribuição dos organismos. Cada número representa uma espécie encontrada no interior da cavidade, as referências dos números e sua espécie equivalente são mostradas na tabela 1.

Os valores de equitabilidade, diversidade e complexidade ecológica encontrados para a Gruta do Pinhão Assado foram 0.7079 (E), 2.783 (H) e 3.88 (CB), respectivamente. Tais valores de diversidade e equitabilidade são maiores do que os valores médios encontrados por SOUZA-SILVA (2008) em cavernas graníticas da Mata Atlântica, onde estes valores foram de 2.208 (H) e 0.627 (E), respectivamente. O referido trabalho de SOUZA-SILVA (2008) não apresenta dados de complexidade.

Conforme CULVER (1982), organismos associados à ambientes subterrâneos tendem a se concentrar próximos aos depósitos de matéria orgânica, devido à condição de oligotrofia presente na maioria das cavernas. O mesmo pode ser observado na Gruta do Pinhão Assado, onde grande parte dos invertebrados foi observada próxima as entradas laterais, locais preferenciais de deposição de matéria orgânica.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

São poucos registros de cavidades formadas em rochas graníticas no estado de Minas Gerais. Na lista de cavidade apresentada pelo CODEX/RREDESPELO foram encontrados 8 registros de cavidades formadas em granito, e no CNC/SBE foram encontradas apenas 6. A dificuldade de formação de cavidades em rochas pouco solúveis (como as de origem magmática)

provavelmente é o principal fato de existência de pouco registros de cavidades nestes tipos rochosos em Minas Gerais. Outro fato, é que este tipo de cavidade geralmente apresenta dimensões reduzidas e não apresentam grandes formações de beleza cênica, como aquelas encontradas em cavernas carbonáticas, o que acarreta uma baixa procura por este tipo de sistemas na comunidade espeleológica. Assim, a pouca atenção dada a estas cavidade pode resultar em um menor esforço de procura e um menor número de cavidades registradas.

O estudo da biologia de cavidades formadas em rochas magmáticas também é escasso no Brasil. Apesar destes sistemas não se destacarem por sua beleza cênica, eles apresentam grande riqueza biológica (SOUZA-SILVA, 2008; GNASPINI-NETO & TRAJANO 1994). Deste modo, existe uma necessidade urgente em se conhecer melhor a fauna presente neste tipo de caverna, para que sejam viáveis futuras decisões acerca da preservação da fauna e do próprio patrimônio espeleológico brasileiro.

AGRADECIMENTOS

À Fazenda Pinhão Assado, Itamonte-MG e ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada/UFLA pelo suporte para a execução do estudo. Os trabalhos executados pelo Laboratório de Ecologia Subterrânea/DBI/UFLA recebem auxílio financeiro da FAPEMIG (PPM-00433-11).

REFERÊNCIAS

- ADIS J. (2002). Amazonian Arachnida and Myriapoda, Pensoft Publishers. p. 590. 2002.
- AULER, A. S.; PILÓ, L. B. Introdução às cavernas em minério de ferro e canga. **O Carste**. Belo Horizonte. v. 17, n. 3, p. 70-72. 2005.
- JOHNSON, N. F.; TRIPLEHORN C. A. Introduction to the Studys of Insects, Brooks Cole Publisher. p. 888. 2004.
- CULVER, D. C. **Cave Live**. Cambridge, Massachusetts and London, Harvard University Press. p. 189. 1982.
- FERREIRA, R. L.; POMPEU, P. S. Riqueza e diversidade da fauna associada a depósitos de guano na gruta taboa, Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil. **O Carste**, Belo Horizonte, v. 9, n. 2, p. 30-33. 1997.
- FERREIRA, R. L.; MARTINS, R. P. Diversity and distribution of spiders associated with bat guano piles in Morrinho Cave (Bahia State, Brazil). **Diversity and Distribution**, San Francisco, v. 4, p. 235-241. 1998.
- FERREIRA, R. L.; R. P. MARTINS. Trophic structure and natural history of bat guano invertebrate communities, with special reference to Brazilian caves. **Tropical Zoology, Firenze**, v.12, p.231-252.1999.

- FERREIRA, R.L. **A medida da complexidade biológica e suas aplicações na Conservação e Manejo de sistemas subterrâneos**. 2004. 161 f. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) Universidade Federal de Minas Gerais.
- GNASPINI, P.; TRAJANO, E. Brazilian cave invertebrates, with a checklist of troglomorphic taxa. **Revista Brasileira de Entomologia**. Curitiba. v. 38, n. 4, p. 549-584. 1994.
- HARRIS, J.A. Bat-guano environment. **Science**. Washington, n. 169, p. 1342-1343. 1970.
- HOLSINGER, R.; CULVER, D.C. The Invertebrate Cave Fauna of Virginia and a Part of Eastern Tennessee. **Zoogeography and Ecology**. Brimleyana, n. 14, p. 1-162. 1988.
- HOWARTH, F.G. Ecology of cave arthropods. **Annual Review Entomology**, Palo Alto, v. 28, p. 365-389. 1983.
- KRANTZ, G.W.; WALTER, D.E. **A Manual of Acarology**, Texas Tech University Press. p. 807. 2009.
- LINO, C.F. **Cavernas; O Fascinante Brasil Subterrâneo**. Editora Gaia LTDA, São Paulo. 2001. 288 p.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – IBAMA PARQUE NACIONAL DO ITATIAIA. Disponível em: www.crescentefertil.org.br/parquenacional/br. Acessado em: 27 de novembro de 2009.
- POULSON, T.L.; WHITE, W.B. The Cave Environment. **Science**. Washington, n. 165, p. 971. 1969.
- SOUZA-SILVA, M. **Dinâmica de disponibilidade de recursos alimentares em uma caverna calcária**. 2003. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2003.
- SOUZA-SILVA, M.; FERREIRA, R. L.; BERNARDI, L. F. O.; MARTINS, R. P. Importação e processamento de detritos orgânicos em uma caverna calcária. **Espeleo-Tema**. Campinas, v.19: p. 31-46. 2007.
- SOUZA-SILVA, M. **Ecologia e conservação das comunidades de invertebrados cavernícolas na Mata Atlântica brasileira**. 2008. 225 f. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2008
- TWIDALE C.R., VIDAL ROMANÍ J.R. 2005. **Landforms and Geology of Granite terrains**. Ed. Balkema, The Netherlands, Amsterdam. 2005. 364 p.

Fluxo editorial:

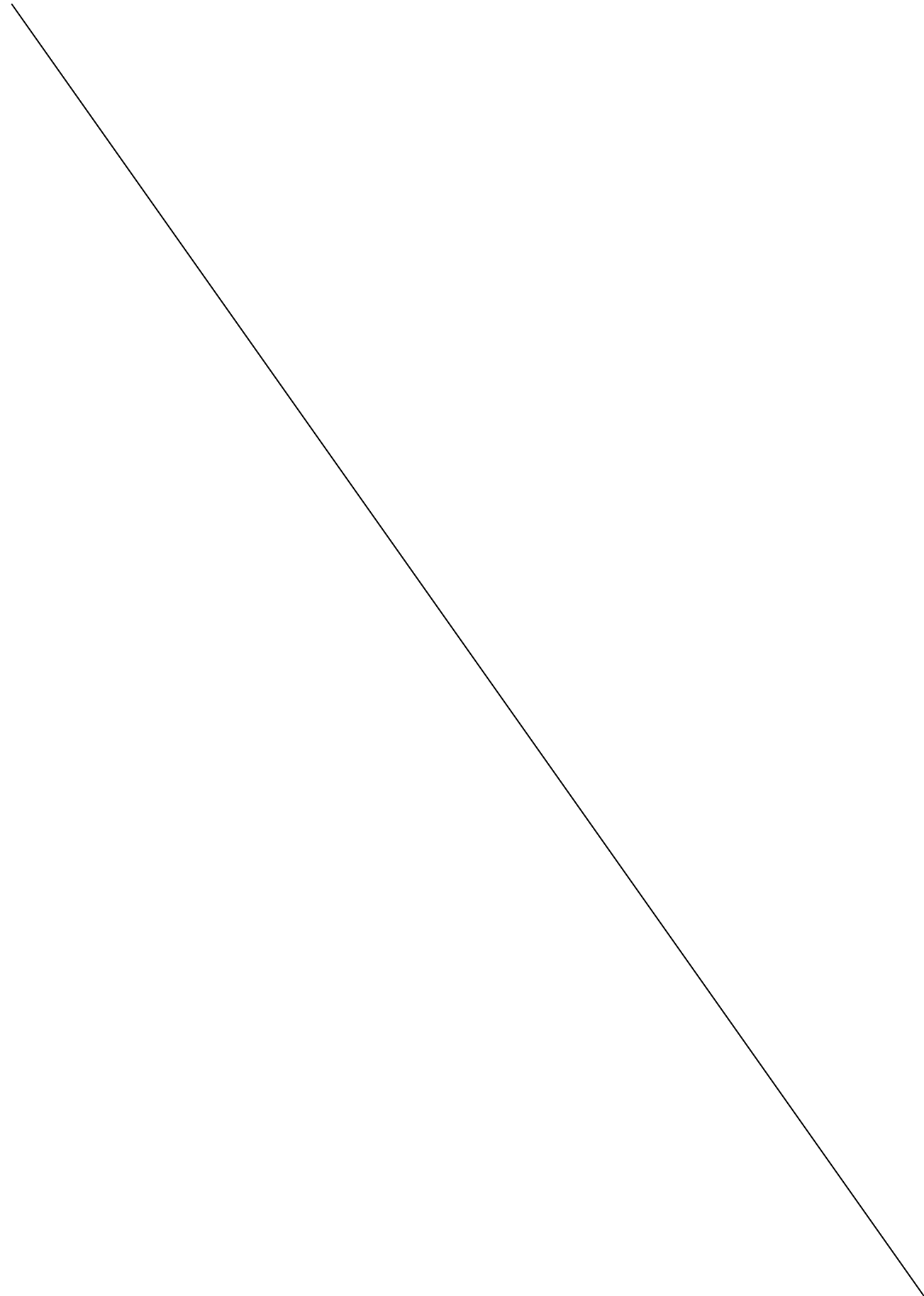
Recebido em: 13.09.2011

Aprovado em: 03.11.2011



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



ESTUDOS AMBIENTAIS EM CAVERNAS: OS PROBLEMAS DA COLETA, DA IDENTIFICAÇÃO, DA INCLUSÃO E DOS ÍNDICES

ENVIRONMENTAL STUDIES IN CAVES: THE PROBLEMS OF SAMPLING, IDENTIFICATION, INCLUSION, AND INDICES

Eleonora Trajano (1), Maria Elina Bichuette (2) & Marco Antônio Batalha (3)

(1) Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP.

(2) Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP.

(3) Departamento de Botânica, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP.

Contatos: etrajano@usp.br; bichuette@uol.com.br; marcoabat@uol.com.br.

Resumo

Para detecção e conhecimento de processos e padrões evolutivos que moldam a estrutura de comunidades naturais subterrâneas, a primeira etapa, fundamental, é a realização de inventários precisos das unidades taxonômicas. Entretanto, vários fatores podem inflacionar artificialmente listas taxonômicas, comprometendo seu significado biológico e, assim, sua confiabilidade como descritor da diversidade: (1) coletas não eficientes, (2) “taxonomia ruim”, (3) inclusões errôneas em categorias ecológico-evolutivas e (4) utilização de índices de diversidade inadequados. Apresentamos aqui alguns problemas que rotineiramente aparecem em estudos de inventariamento da fauna subterrânea, discutindo-os e sugerindo possibilidades para minimizá-los.

Palavras-Chave: biodiversidade; comunidades hipógeas; conservação; desenho amostral; fauna cavernícola; inventário.

Abstract

To detect and understand evolutionary patterns and processes that shape the structure of subterranean natural communities, the first and fundamental step is the conduction of accurate inventories of taxonomic units. However, several factors can artificially inflate taxonomic lists, compromising their biological significance and, thus, their reliability as diversity descriptor: (1) poor sampling, (2) bad taxonomy, (3) wrong inclusions into evolutionary and ecological categories, and (4) use of inadequate diversity indices. We present herein some problems that appear routinely in studies about the subterranean fauna, discussing and suggesting possibilities to minimize them.

Key-Words: biodiversity; cave fauna; conservation; hypogean communities; sample design; survey.

1. INTRODUÇÃO

Levantamentos biológicos com o objetivo de inventariar unidades taxonômicas, sejam para fins de publicações científicas ou para o cumprimento de legislação relacionada ao licenciamento de áreas cársticas com fins de uso econômico (no caso do Brasil, o Decreto 6640, IN número 02), constituem a primeira e necessária etapa dos estudos biológicos visando ao conhecimento de processos e padrões evolutivos, os quais moldam a estrutura e o funcionamento das comunidades naturais. Dentro da Biologia Comparada, tais processos e padrões proporcionam contexto para estudos morfológicos, fisiológicos, comportamentais e ecológicos. Fora desse contexto, tais estudos carecem de significado biológico e trazem informações insuficientes para

detecção de tendências ou mesmo padrões acerca da fauna subterrânea (Thompson et al. 2003).

Muitos levantamentos que têm sido feitos em cavernas têm problemas amostrais, taxonômicos e conceituais, que podem levar a conclusões enviesadas e, conseqüentemente, dificultar a conservação dos sistemas cavernícolas. Apresentamos quatro problemas que rotineiramente aparecem em tais estudos (coleta, identificação, inclusão e uso de índices) e sugerimos o que pode ser feito para minimizá-los.

2. O PROBLEMA DA COLETA

Quando se realizam estudos visando ao conhecimento e à conservação da biodiversidade dos

sistemas subterrâneos, uma primeira etapa é justamente listar as espécies que ali ocorrem. Frequentemente, é necessário conhecer o número de espécies encontradas em uma dada área ou comparar esse número entre diferentes áreas. Assim, muitas vezes, a partir da lista de espécies, usa-se a riqueza de espécies ou uma medida tradicional de diversidade como descritor da biodiversidade (por exemplo, Silva et al. 2011). Como, quase sempre, um censo faunístico é impossível, é preciso lançar unidades amostrais nas cavernas para estimar as suas riquezas. Com isso, várias decisões sobre a amostragem a ser feita precisam ser tomadas. Ainda, comumente se usa a chamada “curva do coletor” para definir o esforço amostral e estimar o número de espécies, como, por exemplo, em Bragagnolo & Pinto-da-Rocha (2003). Ao longo desse processo, tem havido vários problemas nos estudos feitos em ambientes subterrâneos, que podem levar a conclusões equivocadas.

A riqueza de espécies dentro de um hábitat, uma medida de diversidade alfa, é dependente do tamanho da amostra (Colwell et al. 2004). Além disso, a riqueza de espécies observada depende também do tamanho da amostra quando hábitats diferentes são sucessivamente amostrados devido à substituição de espécies, uma medida de diversidade beta (Colwell et al. 2004). Não obstante, encontramos levantamentos em cavernas com apenas duas unidades amostrais, certamente insuficientes para uma boa estimativa da biodiversidade. Tanto em hábitats homogêneos quanto heterogêneos, um esforço de coleta intenso é necessário para uma estimativa acurada da riqueza de espécies (Thompson et al. 2003), sendo que, em ambientes heterogêneos, esse esforço deve ser ainda mais intenso (Moreno & Halffter 2000). O número ótimo de réplicas é influenciado pela escala da unidade amostral em relação ao tamanho da comunidade; idealmente, esse número deve ser determinado com base na comunidade mais diversa entre as que serão amostradas e deve ser usado consistentemente ao longo do estudo (Magurran 2004).

Uma alta proporção de espécies raras em uma dada caverna pode subestimar sua riqueza de espécies, pois tais espécies têm uma menor propensão de serem amostradas (Thompson et al. 2003). E justamente são essas espécies raras que têm uma maior chance de serem extintas (Purvis et al. 2000) e cuja presença é um dos critérios para o estabelecimento de prioridades na conservação de ambientes cavernícolas, incluindo a classificação de cavernas em graus de relevância (no caso do Brasil, a Instrução Normativa MMA 02/09, que regulamenta o Decreto 6640). Os levantamentos

deveriam incorporar estratégias de busca adicionais para garantir que espécies “difíceis de serem capturadas” sejam amostradas. Uma vez que as espécies raras são importantes, cabe ao pesquisador aplicar um esforço amostral intenso o suficiente para prever com uma acurácia razoável o número total de espécies em uma dada área (Thompson et al. 2003).

Uma vez que a heterogeneidade de hábitats influencia a estimativa do número de espécies, o esforço amostral deve levá-la em conta (Moreno & Halffter 2000). Se, em uma dada caverna, há vários ambientes diferentes, a amostragem pode ser estratificada, lançando-se sistematicamente ou, de preferência, aleatoriamente (Krebs 1999) as unidades amostrais em cada estrato. Nesse caso, medidas de heterogeneidade e complexidade de hábitats, como as propostas por August (1983), podem ser relacionadas ao esforço amostral exigido em cada estrato, fornecendo uma estimativa confiável do número de espécies (Moreno & Halffter 2000). Além dessa variação espacial, a variação temporal também deve ser levada em conta ao se definir os métodos usados nos levantamentos. Se for o caso, os protocolos devem considerar as variações estacionais na composição e na abundância das espécies (Moreno & Halffter 2000). Dependendo das características biogeográficas e ambientais da área de estudo, o esforço de coleta deve estar distribuído ao longo do ano para evitar uma estimativa enviesada do número de espécies (Moreno & Halffter 2000).

Como já ressaltamos, comumente se usa a chamada “curva do coletor” para definir a suficiência amostral e estimar o número de espécies. A suficiência amostral é um conceito quantitativo usado para informar se a amostra utilizada é representativa da comunidade em estudo, enquanto que a curva do coletor é uma técnica que surgiu da relação espécie-área (Schilling & Batista 2008). Entretanto, a curva do coletor não pode ser usada para definir a suficiência amostral, pois o formato da curva está relacionado à ordem de entrada das unidades amostrais na sua construção, possibilitando a geração de curvas diferentes a cada ordenação (Martins & Santos 1999). Ademais, a relação entre o eixo das abcissas e o das ordenadas influencia a percepção de uma eventual assíntota (Martins & Santos 1999). Uma solução é usar as chamadas “curvas de acumulação de espécies”, em que a ordem de entrada das unidades amostrais na sua construção é aleatorizada (Magurran 2004). Essa aleatorização produz um alisamento da curva e permite calcular, para cada passo, uma média e um desvio-padrão do número de espécies (Magurran 2004). Tais curvas estão bastante relacionadas às curvas de rarefação, em que se deduz o número de

espécies que esperaríamos encontrar caso reduzíssemos o número de unidades amostrais (Gotelli & Colwell 2001).

A construção dessas curvas de rarefação pode ser vista como um processo de interpolação da riqueza de espécies do conjunto total de amostras para a riqueza esperada para um subconjunto dessas amostras (Colwell et al. 2004). Contudo, o sonho de todo biólogo envolvido em inventários é a extrapolação das curvas de acumulação de espécies para estimar acuradamente quantas espécies seriam encontradas em um número maior de unidades amostrais lançadas na mesma comunidade (Colwell et al. 2004). Em levantamentos da fauna cavernícola, usualmente essa extrapolação é feita erroneamente, simplesmente buscando-se visualmente uma eventual assíntota na curva. Entretanto, para se extrapolar a curva de acumulação de espécies, é necessário usar algum algoritmo. Por exemplo, há um método de verossimilhança que baseia o seu ajuste na distribuição de contagens observadas para o modelo de mistura binomial e usa o Critério de Informação de Akaike para encontrar um balanço entre o ajuste e a complexidade do modelo (Colwell et al. 2004). Ainda assim, esse método produz estimativas acuradas apenas para um número duas ou três vezes maior que o de unidades amostrais (Colwell et al. 2004).

Levantamentos faunísticos em cavernas podem ser enganosos quando listas de espécies são compiladas, porque, dentro de um levantamento, frequentemente não há indicação de quão completo ele é (Soberón & Llorente 1993) e, entre levantamentos, na maioria dos casos não é possível compará-los diretamente devido a métodos incompatíveis de amostragem (Dennis & Ruggiero 1996). Entretanto, com uma medida padronizada de riqueza de espécies, que considere a eficiência do levantamento, é possível comparar inventários de diferentes lugares, de diferentes momentos e que tenham usado diferentes métodos (Moreno & Halffter 2000). Uma das maneiras de se fazer isso é usando modelos de acumulação de espécies ajustados às curvas de acumulação de espécies, em que o número cumulativo de espécies é lançado contra alguma medida de esforço amostral (Soberón & Llorente 1993, Moreno & Halffter 2000). O uso desses modelos pode levar a um melhor planejamento e a melhores protocolos de amostragem, provendo estimativas confiáveis do esforço amostral mínimo necessário para se obter um levantamento confiável (Soberón & Llorente 1993, Moreno & Halffter 2000).

Não é possível fornecer uma indicação geral do esforço necessário para prever a riqueza de

espécies de um sítio, uma vez que as curvas de acumulação de espécies são fortemente influenciadas pelas características de um dado local (Thompson et al. 2003). Não obstante, sabemos que a riqueza de espécies não pode ser extrapolada acuradamente, qualquer que seja o método usado, a partir de um número pequeno de unidades amostrais (Thompson et al. 2003). Isso traz implicações importantes para levantamentos em ambientes cavernícolas usados para preparar, por exemplo, estudos de impacto ambiental. Se o conhecimento da diversidade é importante, então levantamentos rápidos e expeditos, como Ferreira et al. (2009), não serão adequados para estimar acuradamente a riqueza de espécies (Thompson et al. 2003). Quando se realizam estudos visando ao conhecimento e à conservação da biodiversidade dos sistemas cavernícolas, não há receitas. É necessário adaptar os protocolos de coleta aos objetivos, às características da caverna e aos grupos a serem amostrados. De todo modo, o esforço amostral deverá ser intenso e as unidades amostrais deverão estar bem distribuídas no tempo e no espaço. Cabe ao pesquisador demonstrar que a amostragem foi suficiente.

3. O PROBLEMA DA IDENTIFICAÇÃO

Assumindo que a amostragem foi correta, outro problema que temos a resolver é o das identificações das espécies. Toda a Biologia da Conservação está baseada na taxonomia, parte da qual envolve a identificação apropriada dos organismos (Morrison III et al. 2009). Tal identificação usualmente envolve um nome científico atribuído à entidade de interesse, normalmente um nome específico (Morrison III et al. 2009). Como a grande maioria das pessoas, incluindo muitos biólogos, não tem uma compreensão correta do que seja a taxonomia, devemos discutir quem é esse “especialista” capacitado para a identificação e nomeação das unidades taxonômicas de interesse, idealmente espécies no caso dos estudos sobre biodiversidade (Morrison III et al. 2009). Um taxonomista possui conhecimento suficiente em determinado grupo taxonômico, permitindo-lhe reconhecer, com um grau de equívoco substancialmente menor que o do não-especialista, unidades taxonômicas. Por definição, e sobretudo em um país de megadiversidade biológica como o Brasil, onde o impedimento taxonômico é um dos problemas mais importantes da Biologia, não existem especialistas trabalhando simultaneamente em vários grupos distintos. O reconhecimento de qualquer unidade taxonômica, como uma espécie bem delimitada,

requer um alto nível conhecimento especializado, pois processos evolutivos como a convergência obscurecem as relações filogenéticas, levando a identificações errôneas. Há uma escassez de taxonomistas que vem causando vieses nas listas de espécies compiladas para fins de monitoramento e manejo, especialmente em ambientes pouco estudados, como as cavernas (Mace 2004).

A identificação, com atribuição de um nome com significado taxonômico e no nível mais inferior possível, idealmente o de espécie, não é uma tarefa trivial. Atualmente, o enfoque da taxonomia é filogenético. Conforme sabemos por experiência própria e de vários colegas taxonomistas, o treinamento de um taxonomista capacitado para identificações nos níveis requeridos por listas faunísticas em estudos ambientais leva de cinco a 10 anos, ou mesmo mais para grupos particularmente complicados e mal conhecidos. A necessidade de especialistas independe de haver um nome disponível para a espécie, pois só eles podem distinguir espécies reconhecidamente ainda não descritas – frequentemente citadas como “Nome-do-gênero” sp. nov. ou, mais corretamente, sp. não descrita – daquelas que não podem ser identificadas no momento, por estarem, por exemplo, inclusas em grupos sem resolução taxonômica apropriada (“Nome-do-gênero” sp.). Os levantamentos têm sido incompletos, quando não errados, no que diz respeito tanto à completude quanto à acurácia taxonômica, o mencionado “impedimento taxonômico” (Dubois 2003). Esse impedimento taxonômico explica o aparecimento, principalmente em estudos ecológicos, das chamadas unidades taxonômicas reconhecíveis (RTUs, do inglês *recognizable taxonomic units*) ou unidades parataxonômicas (Krell 2004), tais como morfoespécies e morfotipos, referidas por “Nome-do-gênero” sp. e associadas a números (sp. 1, sp. 2, e assim por diante) quando se distingue mais de uma no mesmo gênero. Contudo, o reconhecimento e a distinção de morfoespécies só são confiáveis quando corroborados por um especialista, já que cada grupo tem suas peculiaridades taxonômicas.

É importante ressaltar a necessidade do depósito de testemunhas (“vouchers”) de cada morfoespécie em coleções, que possuam número de tombo garantindo sua posterior localização efetiva. É ainda aconselhável que uma mesma equipe que realize trabalhos de levantamento faunístico em várias cavernas possua um código consecutivo de morfoespécies, que seja respeitado nas diversas publicações que derivem de seus levantamentos. Isso é importante para evitar erros ao interpretar que o “Nome-do-gênero” sp.1 da caverna “x” é a mesma coisa que o “Nome-do-gênero” sp.1 da caverna “y”

(publicados em trabalhos diferentes), quando na realidade são espécies ou morfoespécies diferentes. De igual forma, é desejável que na descrição formal da espécie sejam citadas, na lista sinonímica, todas as denominações dadas a esse táxon em publicações anteriores. Outro aspecto importante é que os trabalhos que incluam listas de espécies assinalem quais são as autoridades responsáveis pela identificação, para o aval da qualidade taxonômica dos levantamentos.

O uso da parataxonomia pode levar a superestimativas de riqueza de espécies, com erros que chegam a 100% (Krell 2004) e que dependem não apenas do grupo, como também da amostra e de quem faz a separação e o reconhecimento do material, de modo que sua amplitude é imprevisível, e, portanto, sem possibilidade de aplicação de índices de correção (Krell 2004). A parataxonomia não satisfaz alguns critérios do método científico, criando unidades tipológicas, sem critérios definidos de separação, o que impossibilita qualquer falsificação da hipótese e qualquer repetição do experimento (Krell 2004). Portanto, os resultados da parataxonomia devem ser encarados como um primeiro passo nos estudos sobre biodiversidade cavernícola, podendo ser usados em comparações grosseiras das riquezas de espécies ou para descrições não-comparativas da riqueza em determinadas localidades (Krell 2004). Tais dados, porém, não têm utilidade para estudos biogeográficos e autoecológicos, nem tampouco para inventários visando à seleção de áreas para fins de conservação, o que inclui os estudos ambientais destinados a classificar cavernas quanto ao grau de relevância para fins de sua possível destruição, já que estes devem ser absolutamente conclusivos (Trajano & Bichuette 2010).

As consequências dos erros em cascata resultantes do uso da chamada “taxonomia ruim” (*bad taxonomy*; May 1990) em estudos ecológicos incluem a perda de biodiversidade (May 1990, Bortolus 2008). O que depreendemos de tudo isso? Em primeiro lugar, identificações taxonômicas confiáveis são fundamentais. Sem a taxonomia para formar os tijolos e a sistemática para nos dizer como juntá-los, o edifício da ciência biológica se torna uma bagunça desprovida de significado (May 1990). Em segundo lugar, para fins de conferência, é fundamental a disponibilização dos exemplares em coleções amplamente acessíveis, de museus e outras instituições com serviço de curadoria independente dos especialistas do momento, desde que oficialmente registradas no Cadastro Nacional de Coleções Biológicas (CCBIO). Porém, independentemente da especialidade do curador, ele tem o compromisso ético e administrativo de

garantir o caráter de livre acesso das coleções científicas. Essas instituições devem garantir a continuidade do serviço, mesmo após a saída do pesquisador, assim como a fidedignidade das identificações, sua ampla divulgação para a comunidade científica e a disponibilização irrestrita para pesquisadores idôneos. Normalmente, essas condições são encontradas em museus oficiais. A taxonomia e a conservação caminham juntas. Não podemos conservar organismos que não somos capazes de identificar, e nossas tentativas de entender as consequências das mudanças ambientais e da degradação estarão fatalmente comprometidas se não pudermos reconhecer e descrever as espécies que constituem as comunidades nos ambientes cavernícolas (Mace 2004).

4. O PROBLEMA DA INCLUSÃO

Assumindo que a amostragem foi correta e que a identificação taxonômica foi acurada, um terceiro problema que temos de resolver é definir quais espécies, dentre todas as amostradas, de fato pertencem à fauna cavernícola. Algumas classificações antigas (por exemplo, Racovitza 1907) traziam a noção de cavernícolas “verdadeiros” e “falsos”; aqueles com características indicando uma certa adaptação à vida na escuridão permanente e estes sem tais características, não diferindo das formas epígeas proximamente aparentadas. O primeiro passo para a aplicação de qualquer classificação é definir o que são animais subterrâneos, incluindo aqueles encontrados em habitats não-cavernícolas. Animais subterrâneos são aqueles encontrados regularmente no biótopo subterrâneo, para os quais este constitui parte ou todo o habitat natural, onde eles são capazes, no mínimo, de se orientar espacialmente (Trajano 2005). Em oposição, animais “acidentais” são aqueles introduzidos no ambiente subterrâneo por acidente – arrastados pela água ou caindo por aberturas superiores de cavernas – ou que entraram ali em busca de um clima ameno (Trajano 2005). Embora esses animais acidentais possam sobreviver por certo tempo no meio subterrâneo, sua incapacidade de orientar-se e encontrar alimento acaba por levar ao seu desaparecimento.

Do ponto de vista evolutivo, organismos subterrâneos – cavernícolas sensu lato – podem ser definidos como unidades evolutivas que respondem ao regime seletivo subterrâneo típico do meio hipógeo. Para estes, os ambientes subterrâneos provêm condições e recursos adequados, como alimento, abrigo, substrato, clima, que afetam as taxas de sobrevivência e de reprodução, podendo definir os destinos evolutivos dessas unidades

(Trajano 2012).

Do ponto de vista evolutivo, os acidentais são “becos sem saída”, enquanto que, do ponto de vista ecológico, tratam-se de recursos potenciais (alimento, substrato etc.) para populações estabelecidas no meio subterrâneo. Recursos não têm uma conectividade histórica por si, que é o que caracteriza unidades evolutivas reconhecidas como táxons. Quando um organismo torna-se recurso, não faz mais sentido classificá-lo taxonomicamente em nível de espécie ou categorias superiores – uma classificação biologicamente significativa seria de acordo com a disponibilidade do recurso ou seu valor nutritivo. Do ponto de vista biológico, o conceito de “acidental” tem uma natureza distinta das de troglóbios, troglófilos e troglóxenos e, portanto, não se enquadra na classificação de Schiner-Racovitza (Trajano 2012).

Além disso, acidentais são definidos com base em ausências de características e, assim, não formam um grupo biológico. De fato, todos os organismos de uma determinada região são acidentais em potencial, podendo mais cedo ou mais tarde ser encontrados em uma caverna. Dessa forma, listas faunísticas que incluem os acidentais, como as que vêm sendo apresentadas, referem-se a situações pontuais e transitórias. Podemos fazer uma analogia entre o censo de habitantes de uma casa e o levantamento faunístico em caverna. Os moradores da casa estão para os animais subterrâneos, assim como os visitantes e os funcionários dessa mesma casa estão para os acidentais. Enquanto faz sentido incluir aqueles no levantamento, não faz sentido incluir estes.

De fato, não é fácil nem imediato o reconhecimento de um organismo acidental. Podemos usar vários critérios, como organismos com características incompatíveis com a vida subterrânea (digamos, um herbívoro ou um animal dependente de orientação visual - exceto nos raros casos de disponibilidade de presas cavernícolas luminescentes; ver Meyer-Rochow & Liddle 2001); frequentemente mortos ou com claros sinais de desnutrição; sempre próximos de contatos com o exterior; ou com ocorrência irregular, ocasional e sem qualquer padrão temporal. Esses critérios, porém, não são absolutos. Dentro de um dado grupo taxonômico, pode haver espécies que tenham mudado seu modo de vida, como é o caso do lambari *Astyanax mexicanus* que, à diferença dos demais do gênero, geralmente diurnos e fortemente orientados pela visão, tem atividade crepuscular e comportamento reprodutivo orientado por estímulos visuais (Parzefall 1986). Isso explica por que apenas essa espécie de *Astyanax*, gênero amplamente

distribuído na região neotropical, colonizou efetivamente o meio subterrâneo (Parzefall 1986). De qualquer forma, repetições, com acompanhamentos, são sempre necessárias, já que é impossível aplicar conclusivamente a classificação de Schiner-Racovitza (Racovitza 1907) em uma única ocasião de amostragem.

5. O PROBLEMA DOS ÍNDICES

Assumindo que a amostragem foi correta, que a identificação taxonômica foi acurada e que apenas as espécies de fato subterrâneas foram mantidas nas listas, um quarto problema que encontramos é a utilização de índices como descritores da biodiversidade. Como mencionamos, frequentemente, a partir da lista de espécies, usa-se a riqueza de espécies ou outra medida tradicional de diversidade como descritor da biodiversidade. Ainda que esses índices tragam informações e possam ser úteis em alguns casos, muitas vezes eles não são. Quando usamos tais índices, perdemos informações sobre a identidade das espécies que aparecem na comunidade, sobre suas afinidades filogenéticas e sobre quaisquer outras características que não as suas abundâncias. Essa inevitável perda de informação que existe quando resumimos um grande conjunto de dados de uma comunidade faz com que alguns autores digam que tais índices tradicionais de diversidade escondam mais do que revelam (Cianciaruso et al. 2009).

Em escalas geográficas maiores, não há controvérsias de que um objetivo central da biologia da conservação é manter uma representatividade de todos os aspectos relevantes da biodiversidade (Sarkar et al. 2005). Isso envolve a chamada “otimização restrita”, isto é, a representação dos descritores da biodiversidade deve ser maximizada, levando em conta o fato de que muitos sítios, cavernas no caso, não poderão ser conservados (Sarkar 2006). Qualquer solução para esse problema demanda atenção para a diversidade entre sítios, pois não há sentido conservar vários sítios com altas diversidades alfa, mas com a mesma composição faunística (Sarkar 2006). Assim, torna-se importante a diversidade beta, para a qual existem várias medidas possíveis (Tuomisto 2010). Uma medida bastante usada em conservação é baseada na complementariedade, isto é, o quão representativa é a contribuição de um novo sítio quando comparado aos sítios já selecionados (Sarkar 2006). A medida mais simples nesse sentido é o número de espécies que não estavam presentes nos sítios já selecionados – daí, mais uma vez, a importância de descrições taxonômicas acuradas. Medidas de complementariedade não são, via de regra,

interpretadas em índices, pois o valor da complementariedade de um sítio é definido apenas quando ele é comparado aos sítios já selecionados (Sarkar 2006). Índices como os de riqueza de espécies e de diversidade tradicional, que são medidas de diversidade alfa, não são suficientes se o propósito for selecionar sítios para a conservação (Sarkar 2006). No caso dos habitats subterrâneos, valores numéricos de diversidade alfa não refletem as singularidades óbvias desses ambientes, as quais constituem a principal justificativa para sua conservação, pois sempre se situam entre os limites observados no meio epígeo: de desertos, fontes termais e outros habitats extremos por um lado e de florestas tropicais por outro. A grande utilidade dos índices de diversidade alfa está na comparação temporal da mesma localidade, o que infelizmente não tem sido feito.

Medidas de diversidade alfa têm sido tradicionalmente usadas para determinar os efeitos da degradação ambiental sobre a biodiversidade, inclusive em ambientes subterrâneos. Devemos notar que tais medidas não são o único componente mensurável da biodiversidade, mesmo quando temos apenas dados sobre a presença das espécies ou as suas abundâncias (Clarke & Warwick 2001). A estrutura filogenética também é importante, pois se a comunidade é constituída apenas por espécies bastante aparentadas, ela deve ser considerada menos diversificada do que outra com o mesmo número de espécies, mas menos aparentadas (Clarke & Warwick 2001). Por conta disso, a partir dos anos 1990, foram propostos vários índices para se calcular a “diversidade filogenética” (Cianciaruso et al. 2009). A diversidade filogenética é uma medida da diversidade de uma comunidade que inclui as relações filogenéticas das espécies, assumindo que a diversidade é maior em comunidades com espécies filogeneticamente mais distintas (Magurran 2004). Daí a importância também de estudos que se proponham a descrever as relações filogenéticas de clados que incluam animais subterrâneos. Essa diversidade filogenética é um aspecto ainda subexplorado na definição de prioridades para a conservação de ambientes cavernícolas.

Outro aspecto da biodiversidade ainda subexplorado em estudos sobre fauna subterrânea é a diversidade funcional, que podemos definir como sendo “o valor e a variação das espécies e de suas características que influenciam o funcionamento das comunidades” (Tilman et al. 2001). Assim como a diversidade filogenética, a diversidade funcional vem recebendo cada vez mais atenção nos últimos anos, pois parece ser um melhor descritor do funcionamento das comunidades quando comparada aos índices tradicionais (Cianciaruso et al. 2009). A

diversidade funcional estima as diferenças entre os organismos diretamente a partir de características funcionais relacionadas com as hipóteses em estudo (Cianciaruso et al. 2009). Medir a diversidade funcional significa medir a diversidade de traços funcionais que influenciam os processos da comunidade, independentemente da filogenia dos organismos (Cianciaruso et al. 2009). Um aspecto interessante da fauna cavernícola é que ela possui muitos atributos funcionais só presentes nelas (Christiansen 1962), o que deve elevar os valores da diversidade funcional nos ambientes subterrâneos.

Ainda assim, dadas as restrições desse meio, índices em ambientes hipógeos sempre serão mais baixos quando comparados aos epígeos, o que não quer dizer que ambientes hipógeos sejam menos importantes. Tradicionalmente, a Biologia da Conservação tem se baseado apenas na diversidade local observada, quando talvez fosse interessante levar em conta as espécies que estão ausentes de uma dada comunidade, mas que pertencem ao banco de espécies, ou seja, têm o potencial de colonizá-la. Esse conjunto de espécies ausentes é chamado de “diversidade negra” (Pärtel et al. 2011). Relacionando as diversidades local e negra, podemos comparar regiões, comunidades e grupos taxonômicos, bem como avaliar os processos locais e regionais nas comunidades ecológicas (Pärtel et al. 2011). A diversidade negra ainda pode ser usada para estimar o potencial de recuperação das comunidades, minimizando a perda de biodiversidade (Pärtel et al. 2011). Ainda que a diversidade local dos habitats hipógeos seja menor do que a dos epígeos, como o banco de espécies para os habitats hipógeos é menor, podemos postular uma alta razão diversidade observada:diversidade negra. Isso ressaltaria a importância dos ambientes subterrâneos de uma forma que os índices de diversidade tradicionais não são capazes de detectar. Essa também é uma abordagem ainda subutilizada em estudos com a fauna cavernícola.

Resumindo, a singularidade da biodiversidade subterrânea é adequadamente expressa pela combinação de diferentes aspectos e abordagens, incluindo não só a contribuição da diversidade alfa para a diversidade total regional, como também as diversidades beta, filogenética, funcional e negra.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Vários fatores podem inflacionar artificialmente listas taxonômicas, comprometendo seu significado biológico e, assim, sua confiabilidade como descritor da diversidade. Entre eles, destacam-se a “taxonomia ruim”, problema

crescente em vista da proliferação de estudos ambientais realizados por biólogos generalistas, sem as capacitações específicas requeridas, e, particularmente para ambientes subterrâneos, a inclusão espúria de acidentais.

A “taxonomia ruim” abrange a identificação errônea ou desatualizada de táxons (espécies ou mesmo táxons superiores) por profissionais sem as qualificações dos respectivos especialistas, e a parataxonomia, isto é, a identificação em morfoespécies. Estas últimas, se não contarem com a necessária corroboração por taxonomistas trabalhando no contexto filogenético, correm o grande risco de representarem meramente unidades tipológicas, em uma abordagem essencialista, pré-darwiniana, na contramão da atual Sistemática Biológica, que visa à identificação e nomeação de unidades evolutivamente válidas. Um caso extremo desse tipo de erro é atribuir a priori formas imaturas a espécies distintas das dos adultos, como em Souza-Silva (2008), quando o bom senso biológico dita exatamente o contrário – juvenis e adultos do mesmo táxon, encontrados no mesmo habitat, provavelmente pertencem à mesma espécie, correspondendo apenas a diferentes estádios ontogenéticos do ciclo de vida, diferentes sexos ou indivíduos póli ou dimórficos do mesmo sexo. Por outro lado, a especialização taxonômica estreita tem acarretado problemas na identificação de táxons de ampla distribuição, inclusive provocando a descrição de falsas espécies. Exemplo disto é que espécies cosmopolitas ou pantropicais contêm geralmente as maiores listas de sinônimas.

Enfim, critérios de inclusão incompatíveis com os objetivos do trabalho em questão produzem listas espúrias que, por sua vez, levam a conclusões equivocadas sobre biodiversidade, comprometendo todos os passos seguintes de trabalhos visando à sua compreensão – ou seja, listas longas nem sempre são melhores, ou refletem melhor a capacitação dos autores. Muitas vezes, é bem o contrário.

Para que listas faunísticas tenham significado biológico, tanto no todo, refletindo populações que coevoluem, quanto em termos de seus componentes (unidades reais, com identidade evolutiva), podendo assim ser utilizadas como base para estudos, tanto básicos quanto aplicados, elas devem seguir critérios científicos, incluindo apenas unidades taxonômicas válidas (o que implica o conhecimento aprofundado da variação intra-específica, sexual e ontogenética para cada táxon em foco, que normalmente só os especialistas possuem), ao menos de acordo com o estado-da-arte do conhecimento vigente, e, no caso específico do meio subterrâneo, que tenham

efetivamente uma relação evolutiva e ecológica com esse ambiente.

Considerar unicamente a diversidade local observada em teoria ecológica e biologia da conservação é uma falácia, uma vez que valores absolutos de diversidade não são adequados para a comparação entre diferentes ambientes, regiões ou táxons (Pärtel et al., 2011). De fato, quando o objetivo é realizar comparações entre sistemas subterrâneos, por exemplo, para estabelecer prioridades para conservação e relevância de cavernas, índices de diversidade alfa, como os de riqueza e o de Shannon, não são de modo algum suficientes (Sarkar 2006). Neste contexto, sobretudo quando o desdobramento do estudo é uma classificação que permite a destruição de cavernas, é fundamental aplicar também índices de diversidade beta, além dos de diversidade filogenética, diversidade funcional e diversidade negra.

Isso significa que, para fins de avaliação da biodiversidade subterrânea, é necessário realizar estudos comparáveis (ou seja, efetuados na mesma época e com os mesmos métodos) no meio epígeo, não apenas para confirmar o status de troglóbios no caso de populações de táxons com representantes epígeos troglomórficos, como também para determinação da diversidade beta e negra. A alta diversidade negra no meio hipógeo é uma de suas principais singularidades, ao lado da diversidade funcional que pode ser amplificada pela presença de troglóbios muito especializados e de interações ecológicas únicas, e da diversidade filogenética que pode ser alta pela ocorrência de relictos. Note-se que se, por um lado, a contribuição relativa da diversidade alfa para a diversidade gama aumenta pela presença de troglóbios em geral, por outro, a diversidade funcional aumenta pela ocorrência de troglófilos, uma vez que frequentemente essas populações apresentam uma dinâmica distinta das populações epígeas coespecíficas.

Alguns trabalhos sobre comunidades subterrâneas brasileiras trazem, no título, expressões como “subsídios para a conservação”, por exemplo, Ferreira et al. (2009) e Zampaulo (2010). Por mais atraente que tal abordagem pareça, é sempre necessário ter em vista que, não sendo seguidos

todos os critérios acima discutidos, os objetivos de tais estudos podem não ter sido atingidos. E, pior, conclusões mal embasadas de trabalhos científicos podem levar a decisões equivocadas por parte das autoridades responsáveis pelas políticas ambientais, causando danos ainda maiores do que a ausência de dados.

Finalmente, é sempre conveniente lembrar o que diz o Código de Ética do profissional Biólogo (www.cfbio.org.br - trechos selecionados, destaques nossos):

Art. 6º - São deveres profissionais do Biólogo:

II - Manter-se em permanente aprimoramento técnico e científico, de forma a assegurar a eficácia e qualidade do seu trabalho visando uma efetiva contribuição para o desenvolvimento da Ciência, preservação e conservação de todas as formas de vida;

III - Exercer sua atividade profissional com dedicação, responsabilidade, diligência, austeridade e seriedade, somente assumindo responsabilidades para as quais esteja capacitado, não se associando a empreendimento ou atividade que não se coadune com os princípios de ética deste Código e não praticando nem permitindo a prática de atos que comprometam a dignidade profissional;

VII - Não ser conivente com os empreendimentos ou atividades que possam levar a riscos, efetivos ou potenciais, de prejuízos sociais, de danos à saúde ou ao meio ambiente, denunciando o fato, formalmente, mediante representação ao CRBio de sua região e/ou aos órgãos competentes, com discrição e fundamentação;

VIII - Os Biólogos, no exercício de suas atividades profissionais, inclusive em cargos eletivos e comissionados, devem se pautar pelos princípios da legalidade, impessoalidade, moralidade, probidade, eficiência e ética no desempenho de suas funções.

REFERÊNCIAS

- August, P.V. 1983. The role of habitat complexity and heterogeneity in structuring tropical mammal communities. *Ecology*, 64: 1495-1507.
- Bortolus, A. 2008. Error cascades in the Biological Sciences: the unwanted consequences of using bad taxonomy in Ecology. *A Journal of the Human Environment*, 37: 114-118.

- Bragagnolo, C. & Pinto-da-Rocha, R. 2003. Diversidade de opiliões do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, Rio de Janeiro, Brasil (Arachnida: Opiliones). **Biota Neotropica**, 3: www.biotaneotropica.org.br/v3n1/pt/abstract?article+BN00203012003.
- Cianciaruso, M.V.; Silva, I.A. & Batalha, M.A. 2009. Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. **Biota Neotropica**, 9: www.biotaneotropica.org.br/v9n3/pt/abstract?article+bn01309032009.
- Christiansen, K.A. 1962. Proposition pour la classification des animaux cavernicoles. **Spelunca**, 2: 76-78.
- Clarke, K.R. & Warwick, R.M. 2001. A further biodiversity index applicable to species lists: variation in taxonomic distinctness. **Marine Ecology Progress Series**, 216: 265-278.
- Colwell, R.K.; Mao, C.X. & Chang, J. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. **Ecology**, 85: 2717-2727.
- Dennis, J.G. & Ruggiero, M.A. 1996. Biodiversity inventory: building an inventory at scales from local to global. In: Szaro, R.C. & D.W. Johnston (Eds). **Biodiversity in managed landscapes**, New York, Oxford University, p. 149-156.
- Dubois, A. 2003. The relationships between taxonomy and conservation biology in the century of extinctions. **Comptes Rendus Biologies**, 326: S9-S21.
- Ferreira, R.L.; Bernardi, L.F.O. & Silva, M.S. 2009. Caracterização dos ecossistemas das Grutas Aroê Jari, Kiogo Brado e Lago Azul (Chapada dos Guimarães, MT): subsídios para o turismo nestas cavidades. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, 9: 41-58.
- Gotelli, N.J. & R.K. Colwell. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. **Ecology Letters**, 4: 379-391.
- Krebs, C.J. 1999. *Ecological methodology*. Benjamin Cummings, Menlo Park.
- Krell, F.T. 2004. Parataxonomy vs. taxonomy in biodiversity studies – pitfalls and applicability of ‘morphospecies’ sorting. **Biodiversity and Conservation**, 13: 795-812.
- Mace, G.M. 2004. The role of taxonomy in species conservation. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B**, 359: 711-719.
- Magurran, A.E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell, Oxford.
- Martins, F.R. & Santos, F.A.M. 1999. Técnicas usuais de estimativa da biodiversidade. **Holos**, 1: 236-267.
- May, R.M. 1990. Taxonomy as destiny. **Nature**, 347: 129-130.
- Meyer-Rochow, V.B. & Liddle, A.R. 2001. Some ecological and ethological observations on *Hendea myersi* cavernicola (Chelicerata: Arachnida: Opiliones), a seeing troglobite. **Natura Croatica**, 10: 133-140.
- Moreno, C.E. & Halffter, G. 2000. Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. **Journal of Applied Ecology**, 37: 149-158.
- Morrison III, W.R.; Lohr, J.L.; Duchen, P.; Wilches, R.; Trujillo, D.; Mair, M. & Renner, S.S. 2009. The impact of taxonomic change on conservation: Does it kill, can it save, or is it just irrelevant? **Biological Conservation**, 142: 3201-3206.
- Pärtel M., Szava-Kovats, R. & Zobel, M. 2011. Dark diversity: shedding light on absent species. **Trends in Ecology and Evolution**, 26: 124-128.
- Parzefall, J. 1986. Behavioural preadaptations of marine species for the colonization of caves. **Stygologia**, 2: 144-155.

- Purvis, A.; Gittleman, J.L.; Cowlishaw, G. & Mace, G.M. 2000. Predicting extinction risk in declining species. **Proceedings of the Royal Society of London B**, 267: 1947-1952.
- Racovitza, E.G. 1907. Essai sur les problèmes biospéologiques. **Archives de Zoologie Experimentale et Générale**, 6: 371-488.
- Sarkar, S.; Justus, J.; Fuller, T.; Kelley, C.; Garson, J. & Mayfield, M. 2005. Effectiveness of environmental surrogates for the selection of conservation area networks. **Conservation Biology**, 19: 815-825.
- Sarkar, S. 2006. Ecological diversity and biodiversity as concepts for conservation planning: comments on Ricotta. **Acta Biotheoretica**, 54: 133-140.
- Schilling, A.C. & Batista, J.L.F. 2008. Curva de acumulação de espécies e suficiência amostral em florestas tropicais. **Revista Brasileira de Botânica**, 31: 179-187.
- Silva, M.S.; Nicolau, J.C. & Ferreira, R.L. 2011. Comunidades de invertebrados terrestres de três cavernas quartzíticas no Vale do Mandembe, Luminárias, MG. **Espeleo-Tema**, 22: 155-167.
- Soberón, J. & Llorente, J. 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. **Conservation Biology**, 7: 480-488.
- Souza-Silva, M. 2008. **Ecologia e conservação das comunidades de invertebrados cavernícolas na Mata Atlântica brasileira**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG. 216p.
- Thompson, G.G.; Withers, P.C.; Pianka, E.R. & Thompson, S.A. 2003. Assessing biodiversity with species accumulation curves; inventories of small reptiles by pit-trapping in Western Australia. **Austral Ecology**, 28: 361-383.
- Tilman, D.; Reich, P.B.; Knops, J.; Wedin, D.; Mielke, T. & Lehman, C. 2001. Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. **Science**, 294: 843-845.
- Trajano, E. 2005. Evolution of Lineages. In: Culver, D.C. & White, W.B. (Eds.). **The encyclopedia of caves**, San Diego, Academic, p. 230-234.
- Trajano, E. & Bichuette, M.E. 2010. Diversity of Brazilian subterranean invertebrates, with a list of troglomorphic taxa. **Subterranean Biology**, 7: 1-16.
- Trajano, E. 2012. Ecological classification of subterranean organisms. In: Culver, D.C. & White, W.B. (Eds.). **The encyclopedia of caves**, San Diego, Academic, p. 275-277.
- Tuomisto, H. 2010. A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 1. Defining beta diversity as a function of alpha and gamma diversity. **Ecography**, 33: 2-22.
- Zampaulo, R. 2010. **Diversidade de invertebrados cavernícolas na Província Espeleológica de Arcos, Pains e Doresópolis (MG): subsídios para a definição de áreas prioritárias para conservação**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG. 190 p.

Fluxo editorial:

Recebido em: 23.10.2011

Aprovado em: 27.05.2012



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

ICTIOFAUNA EPÍGEA E HIPÓGEA DA ÁREA CÁRSTICA DE PINDORAMA DO TOCANTINS – TO

EPIGEAN AND HYPOGEAN ICHTHYOFAUNA FROM PINDORAMA DO TOCANTINS KARST AREA, TOCANTINS STATE

Milton José de Paula (1), Alberto Akama (1) & Fernando de Morais (2)

(1) Ciências Biológicas, Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional-TO.

(2) Geografia, Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional-TO.

Contatos: miltonuft@yahoo.com.br; aakama@uft.edu.br; morais@uft.edu.br.

Resumo

Um levantamento ictiofaunístico realizado nos meses de setembro de 2010 e maio de 2011, em corpos de águas superficiais (epígeos) e subterrâneo (hipógeo) numa área cárstica no município de Pindorama do Tocantins – TO revelou 25 espécies, principalmente da ordem Characiformes, sendo que seis espécies não-troglomórficas foram amostradas na Caverna do Japonês. Todas as espécies nominais aqui registradas para Pindorama do Tocantins, já haviam sido reportadas anteriormente para a porção alta da bacia do Rio Tocantins. As espécies encontradas na Caverna do Japonês foram também coletadas no ambiente epígeo. A presença tanto no meio epígeo e hipógeo, bem como a ausência de troglomorfismos, indicam que essas espécies podem ser troglófilas, troglógenas ou mesmo acidentais em cavernas. Nenhuma espécie troglóbia foi registrada na Caverna do Japonês.

Palavras-Chave: Peixes de água doce; troglófilo; diversidade.

Abstract

An ichthyofaunistic survey conducted in September 2010 and May 2011 in surface water (epigean) and subterranean (hypogean) in a karst area in the municipality of Pindorama Tocantins, State of Tocantins, revealed a total of 25 species of fishes, mainly characiforms, in which six non-troglomorphic species were sampled inside the “Japonês Cave”. All the nominal species herein reported for Pindorama do Tocantins area have been previously reported for the Rio Tocantins basin. The species found in the “Japonês Cave” were also collected in the epigean environment. The presence of both epigean and hypogean zones and the absence of morphological differentiation indicate that these species may be troglophiles, troglongenetic or even accidental in caves. No troglomite species were found in the “Japonês Cave”.

Key-Words: Freshwater fishes; troglophiles; diversity.

1. INTRODUÇÃO

A Bacia do Rio Tocantins possui cerca de 2.750 km de extensão, com sua nascente no Planalto Central Brasileiro no estado de Goiás, e tem sua drenagem no sentido sul-norte, atravessando o estado do Tocantins e desaguando no rio Pará, estuário do Rio Amazonas (AGOSTINHO et al., 2009). A sua ictiofauna é caracterizada pelo forte endemismo, com muitas espécies ainda não descritas pela ciência, refletindo o baixo conhecimento sobre sua fauna de peixes. Em relação à ictiofauna subterrânea da Bacia do Rio Tocantins, de acordo com Mattox et al. (2008), atualmente são descritas nove espécies de peixes troglóbios (exclusivamente subterrâneos, apresentando o clássico troglomorfismo, ou seja, redução de olhos e / ou perda de pigmentação, em relação ao observado em espécies epígeas congêneres) (TRAJANO et al.,

2009b), sendo que sete dessas espécies ocorrem em uma área cárstica de São Domingos, estado de Goiás, que representa uma das maiores diversidade de peixes troglóbios em todo mundo em uma área geográfica restrita (TRAJANO; BICHUETTE, 2006), além de quatro espécies de peixes troglófilos (espécies com indivíduos capazes de viver e completar o ciclo de vida tanto no ambiente epígeo – superficial – como no hipógeo – subterrâneo) (TRAJANO et al., 2009b). Porém, nenhuma dessas espécies é reportada para o estado do Tocantins.

O estado do Tocantins possui um grande número de cavernas espalhadas por uma vasta área e formadas em diferentes litologias. Atualmente estão cadastradas 237 cavernas no CNC (Cadastro Nacional de Cavidades) da Sociedade Brasileira de Espeleologia (MORAIS, 2009), mas que certamente não reflete o número real de cavernas presentes no

Estado. Apesar disso, os estudos relacionados à fauna cavernícola ainda são incipientes, e em relação a sua ictiofauna não existe nenhum estudo, apesar da elevada riqueza de espécies de peixes presentes em suas bacias hidrográficas: Araguaia e Tocantins (PAULA et al., 2011).

Diante do exposto, existe a necessidade de realizar estudos sobre a ictiofauna cavernícola do estado do Tocantins. No presente trabalho apresentamos os resultados da caracterização da ictiofauna epígea e hipógea numa área cárstica do município de Pindorama do Tocantins (TO), conhecida como Lagoa do Japonês, representando a etapa inicial para a realização de futuros estudos sobre a ictiofauna em diferentes cavernas do Estado.

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está situada no município de Pindorama do Tocantins que está localizada na porção centro-sul do Estado do Tocantins (TO), conhecida como Lagoa do Japonês (Fig. 1), pertencente à bacia do Rio Manoel Alves na porção Alta da Bacia do Rio Tocantins. A área está situada em um vale, que se encontra no bioma Cerrado (SEPLAN, 2008), onde várias fitofisionomias estão presentes de acordo com Ribeiro; Walter (2008), sendo: Matas de Galeria, ao longo das drenagens; Mata Seca Semidecídua, presente nos afloramentos de rochas carbonáticas e Cerrado Senso Estrito, que tem variação entre Típico, Ralo e Rupestre, mas a maioria da vegetação original foi retirada para uso principalmente da pecuária. O clima da região é úmido/subúmido com moderada deficiência hídrica, com precipitação média anual de 1.500 mm (SEPLAN, 2008).

Geologicamente, a área pertence ao Grupo Bambuí, unidade estratigráfica formada por rochas carbonáticas de idade Neoproterozóica (LIMA et al., 2007). A distribuição geográfica desse grupo

geológico é ampla, abrangendo os estados de Minas Gerais, Bahia, Goiás e Tocantins. A área cárstica é periodicamente visitada para uso de recreação na Lagoa, mas devido à dificuldade de acesso, onde é preciso transpor uma serra com escarpas íngremes em estrada de terra pouco conservada, ela se encontra bem preservada, com pouco nível de perturbação ambiental.

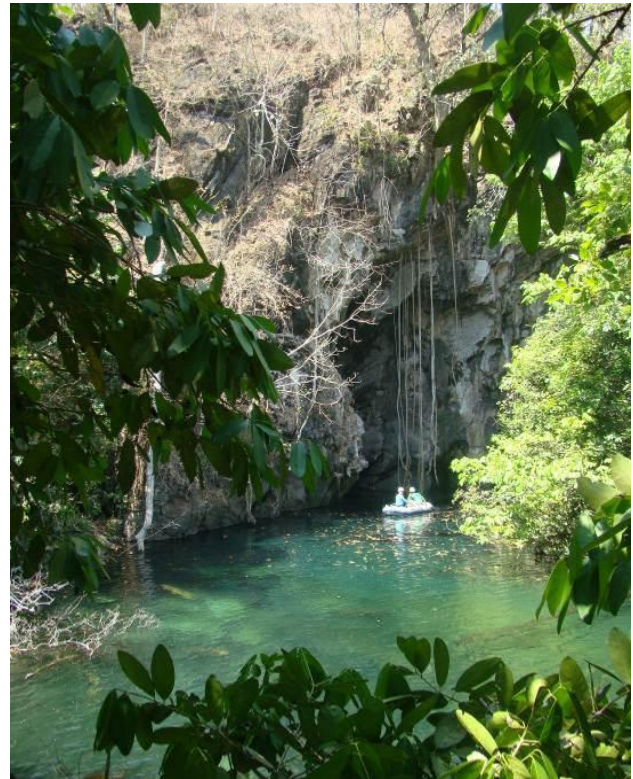


Figura 1: Área cárstica Lagoa do Japonês (vista parcial). Morais 2010.

2.1. Sítios de Amostragens

2.1.1. Localidades epígeas

Quatro localidades epígeas foram amostradas: Lagoa do Japonês, Rio Bagagem, Córrego Sucuriú e Afluente do Córrego Sucuriú (Figura 2).

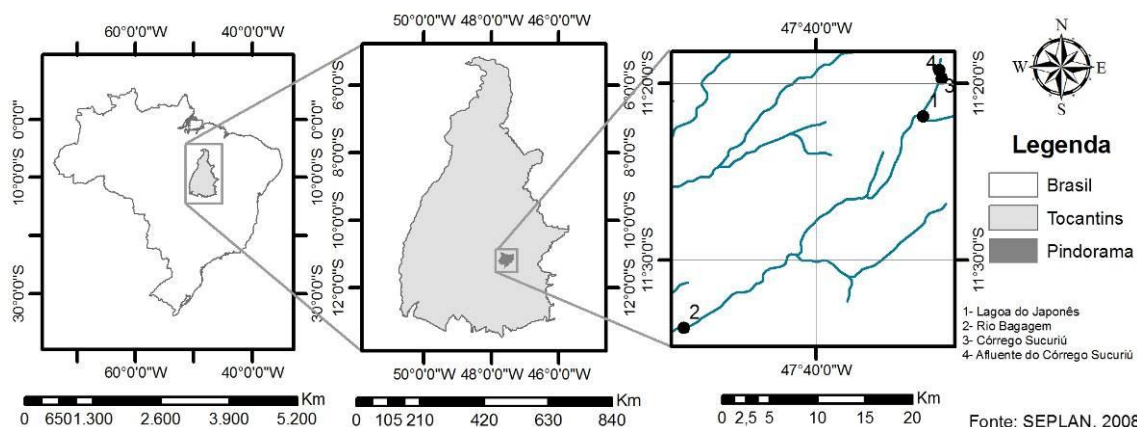


Figura 2: Mapa de localização dos sítios epígeos de amostragens: 1 – Lagoa do Japonês, 2 – Rio Bagagem, 3 – Córrego Sucuriú, 4 – Afluente do Córrego Sucuriú. Fonte: SEPLAN, 2008.

1. Lagoa do Japonês (11°21'52,3" S e 47°33'54,1" W) (Fig. 3A). Drenagem do Córrego Sucuriú, afluente do Rio Bagagem, drenagem do Rio Manoel Alves, porção alta da bacia do Rio Tocantins, Pindorama do Tocantins, TO. Uma lagoa quase retangular, conectada à Caverna do Japonês, com aproximadamente 20m de largura por 40m de comprimento. A água vem de um fluxo de dentro da Caverna. A profundidade média é de aproximadamente 2,5 metros. A cor da água é característico azul turquesa, o substrato é composto por rochas calcárias, areia, lama e troncos de árvores. Árvores grandes e arbustos compõem a vegetação marginal de todo o sistema.

2. Rio Bagagem (11°33'52,2" S e 47°47'28,8" W) (Fig. 3B). Drenagem do Rio Manoel Alves, porção alta da bacia do Rio Tocantins. Rio de quarta ordem, com 8-9 m de largura e 2 m de profundidade aproximadamente, com correnteza em áreas rasas. O fundo é rochoso e

arenoso. Apresenta mata ciliar bem preservada, formada basicamente por árvores e arbustos.

3. Córrego Sucuriú (11°19'14" S e 47°33'00,7" W) (Fig. 3C). Córrego de segunda ordem, com aproximadamente 15 km de extensão e 2 m de largura. A correnteza é moderadamente rápida. Possui em média 1,5 m de profundidade, o fundo é basicamente arenoso. A mata ciliar é rica, formada basicamente por árvores e arbustos.

4. Afluente do Córrego Sucuriú (11°19'44,3" S e 47°32'50,8" W) (Fig. 3D). Córrego de primeira ordem com aproximadamente 3 km de extensão e 2 m de largura. Correnteza moderadamente rápida, o fundo é composto por rochas e seixos e possui aproximadamente 1 m de profundidade. A mata ciliar está bem preservada, composta basicamente de árvores, arbustos e cipós.

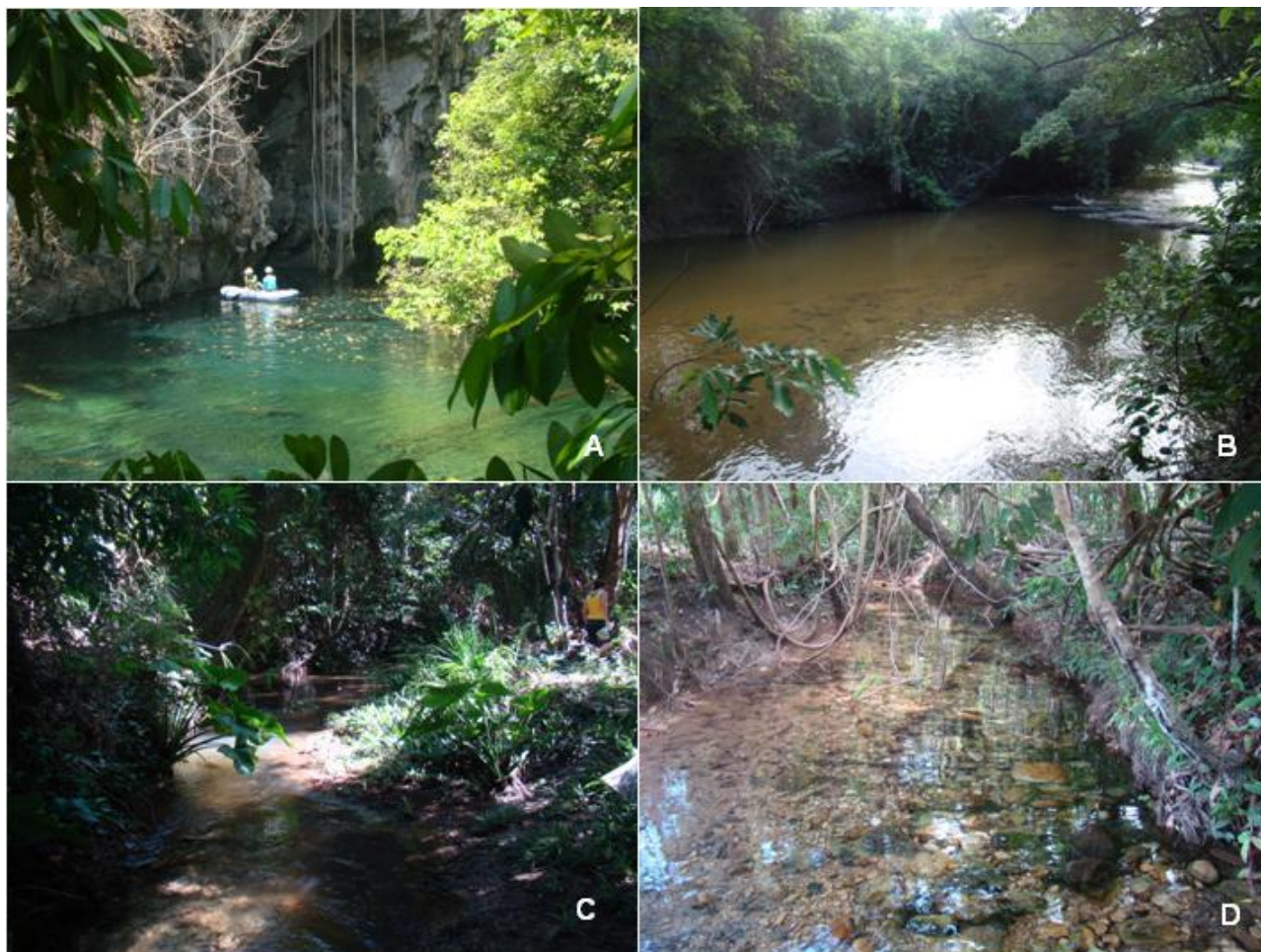


Figura 3: A. Lagoa do Japonês (Morais 2010), B. Rio Bagagem, C. Córrego Sucuriú, D. Afluente do Córrego Sucuriú. Paula 2010.

2.2.1. Localidade hipógea

Caverna do Japonês (11°21'52,3" S e 47°33'54,1" W). A Caverna possui um desenvolvimento horizontal de 441 m e desnível de

13m. A Caverna se desenvolve no sentido norte concordando com o sentido do escoamento das drenagens dos córregos da bacia do Córrego Sucuriú, apresentando três níveis de regime

hidrológico de acordo com Kohler (2008): vadoso (seco), epifreático (onde a água alterna o seu nível) e freático (zona permanentemente com água). É bem desenvolvida apresentando alguns espeleotemas como bolo de noiva, estalactite, estalagmite, represas de travertino, e que se encontram bem preservados (PEREIRA; MORAIS, 2011) (Fig. 4A/B). A

Caverna possui duas entradas, uma pelo conduto inundado, que se dá pela Lagoa, e outra no alto do maciço rochoso, aproximadamente 6 m do nível de base da Caverna. A sua área é ocupada por uma formação de Mata Seca Semidecídua, com presença de *Ficus* sp. em suas paredes, onde suas raízes descem até a superfície da Lagoa.



Figura 4: Caverna do Japonês: **A.** Parte superior. **B.** Conduto inundado. Morais 2010.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Amostragens em corpos epígeos foram realizadas com uso de puçá, redes de mão, tarrafas e rede de emalhar de diferentes tamanhos e malhas. A amostragem da ictiofauna hipógea foi realizada, somente com o uso de puçá, devido à dificuldade que a área apresenta para a utilização de outras técnicas de coleta. As coletas foram realizadas durante os meses de setembro de 2010 e maio de 2011, totalizando quatro dias de coletas. Os peixes coletados foram preservados e transferidos diretamente para uma solução de álcool 70%, após prévia fixação em formol 10%. Antes da fixação os peixes foram anestesiados com uma solução anestésica de óleo de cravo. Os espécimes foram classificados em nível de espécie, sempre que possível, e depositados na coleção de peixes do Laboratório de Ictiologia Sistemática, pertencente ao Núcleo de Estudos Ambientais (NEAMB) da Universidade Federal do Tocantins (UFT). Mergulhos livres com máscaras (*snorkeling*) foram realizados ao longo da Lagoa do Japonês, para observações de peixes associados à Caverna. (Licença IBAMA: 17759-1).

A frequência relativa das espécies epígeas foi calculada em termos de número de indivíduos de cada espécie em relação ao total coletado, expresso em porcentagem, de acordo com Trajano et al. (2009b). As espécies foram então classificadas em quatro categorias de acordo com sua abundância: raros: menos de 1% da abundância relativa;

incomuns: 1-7% de abundância relativa; comuns: 7-20% de abundância relativa, e muito comuns: mais de 20% da abundância relativa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Ictiofauna Epígea

A amostragem nos ambientes aquáticos de superfície resultou na coleta de 1.628 espécimes pertencentes a 25 espécies de oito famílias. As famílias representam cinco ordens de comum ocorrência para águas Neotropicais: Characiformes com 13 espécies, Siluriformes com sete espécies, Perciformes com duas espécies, Cyprinodontiformes e Synbranchiformes com uma espécie cada. A família mais diversa foi Characidae com 11 espécies, seguida por Loricariidae e Callichthyidae com três espécies, Cichlidae com duas espécies, Crenuchidae, Erythrinidae, Rivulidae e Synbranchidae com uma espécie. A lista de espécies com as respectivas localidades de ocorrência está na Tabela 1.

A única espécie amostrada nas quatro localidades epígeas foi *Characidium* sp. As espécies mais frequentes foram, *Hyphessobrycon* sp. e *Knodus* sp. com 32,7% e 28,6% do total de espécimes coletados respectivamente, ambas ocorrendo em três localidades, sendo as únicas espécies classificadas como muito comum (mais de 20% do total coletado). As espécies *Characidium* sp. (10%) e *Serrapinus* sp. (7,6%) foram

consideradas comuns (de 7 a 20% do total coletado), sendo a última ocorrendo em duas localidades. Cinco espécies foram consideradas incomuns (variando de 1 a 7% do total coletado): *Astyanax* cf. *goyacensis*, *Rivulus* sp., *Hypostomus* sp., ocorrendo em três localidades, *Corumbataia* cf. *tocantinensis* ocorrendo em duas localidades e *Creagrutus britskii*, ocorrendo exclusivamente em uma localidade. Quatorze espécies foram consideradas raras (menos de 1% do total coletado): *Astyanax elachylepis*,

Bryconops sp., *Creagrutus mucipu*, *Jupiaba polylepis*, *Hoplias curupira*, *Retroculus lapidifer*, *Geophagus neambi*, *Loricaria* sp., *Aspidoras albater*, *Synbranchus marmoratus*, *Brachyhalcinus copei*, *Otocinclus hoppei*, sendo as respectivas registradas em uma só localidade, *Moenkhausia* cf. *oligolepis*, ocorrendo em três localidades, *Aspidoras eurycephalus* e *Corydoras* sp., registradas em duas localidades.

Tabela 1. Espécies de peixes amostrados na área cárstica de Pindorama, Tocantins. Famílias em ordem sistemática de acordo com Lucinda et al. (2007), espécies em ordem alfabética dentro de cada família. Localidades: Epígeas (superfície): 1 – Lagoa do Japonês; 2 – Rio Bagagem; 3 – Córrego Sucuriú; 4 – Afluente do Córrego Sucuriú; Hipógea (subterrânea): 5 – Caverna do Japonês.

	Táxon	Localidade				
		Epígea				Hipógea
		1	2	3	4	5
Ordem Characiformes						
	Família Characidae:	<i>Astyanax</i> cf. <i>goyacensis</i>	X		X	X
		<i>Astyanax elachylepis</i>		X		
		<i>Brachyhalcinus copei</i>		X		
		<i>Bryconops</i> sp.		X		
		<i>Creagrutus britskii</i>		X		
		<i>Creagrutus mucipu</i>		X		
		<i>Hyphessobrycon</i> sp.	X		X	X
		<i>Jupiaba polylepis</i>		X		
		<i>Knodus</i> sp.	X	X	X	
		<i>Moenkhausia</i> cf. <i>oligolepis</i>	X		X	X
		<i>Serrapinus</i> sp.	X	X		
	Família Crenuchidae:	<i>Characidium</i> sp.	X	X	X	X
	Família Erythrinidae:	<i>Hoplias curupira</i>	X			
		<i>Hoplias malabaricus</i>				X
Ordem Siluriformes						
	Família Loricariidae:	<i>Corumbataia</i> cf. <i>britskii</i>		X	X	X
		<i>Hypostomus</i> sp.	X	X		X
		<i>Loricaria</i> sp.		X		
		<i>Otocinclus hoppei</i>		X		
	Família Callichthyidae:	<i>Aspidoras albater</i>			X	
		<i>Aspidoras eurycephalus</i>			X	X
		<i>Corydoras</i> sp.			X	X
Ordem Perciformes						
	Família Cichlidae:	<i>Geophagus neambi</i>		X		
		<i>Retroculus lapidifer</i>		X		
Ordem Cyprinodontiformes						
	Família Rivulidae:	<i>Rivulus</i> sp.	X		X	X
Ordem Synbranchiformes						
	Família Synbranchidae:	<i>Synbranchus marmoratus</i>	X			

Ao todo na Lagoa do Japonês foram coletados 965 espécimes de 10 espécies, sendo a espécie *Synbranchus marmoratus* exclusiva para essa localidade. No Rio Bagagem foram coletados 137 espécimes de 14 espécies, sendo o ponto mais diverso. Dez espécies foram exclusivas para desta localidade, *Jupiaba polyleps*, *Retroculus lapidifer*, *Astyanax elaquileps*, *Bryconops* sp., *Loricaria* sp., *Geophagus neambi*, *Creagrutus mucipu*, *Creagrutus britskii*, *Brachyhalcinus copei* e *Otocinclus hoppei*. O Córrego Sucuriú apresentou 207 espécimes coletados de oito espécies e seu afluente apresentou 269 espécimes coletados de oito espécies, sendo a espécie *Aspidoras albater* exclusiva do Córrego Sucuriú.

Todas as espécies de peixes aqui amostradas nas localidades epígeas já haviam sido notificadas anteriormente para a porção alta da bacia do Rio Tocantins por Lucinda et al. (2007) e Soares et al. (2009).

Um levantamento da ictiofauna em corpos d'água epígeos em uma área cárstica de São Domingos (GO) – alto Rio Tocantins, realizado por Bichuette; Trajano (2003) registrou 38 espécies, na sua maioria Siluriformes. Na área aqui em estudo, a ordem mais representativa foi Characiformes, resultado encontrado também por Mattox et al. (2008) e Trajano et al. (2009b) em levantamentos na bacia do Rio São Francisco, em área cárstica da Serra do Ramalho (BA) e de Codisburgo (MG), respectivamente.

Alguns táxons amostrados não puderam ser identificados em nível de espécie, pois são desconhecidas ou apresentam pouco conhecimento sobre o *status* taxonômico e nomenclatural, como por exemplo: *Characidium* sp., *Hyphessobrycon* sp., *Hypostomus* sp., e *Knodus* sp. (Lucinda et al., 2007), que provavelmente são espécies novas, ou foram identificados de forma insegura, como é o caso de *Astyanax* cf. *goyacensis* e *Corumbataia* cf. *tocantinensis*. Isso revela o baixo nível de conhecimento da ictiofauna na bacia do Rio Tocantins, que é semelhante para peixes de água doce Neotropical como um todo (VARI; MALABARBA, 1998).

4.2. Ictiofauna Hipógea

Amostras na Caverna do Japonês totalizaram 50 espécimes de seis espécies (Tabela 1): *Knodus* sp., *Hypostomus* sp., *Hoplias malabaricus*, *Astyanax* cf. *goyacensis*, *Moenkhausia* cf. *oligolepis* e *Hyphessobrycon* sp., sendo *Knodus* sp. a espécie mais representativa (pouco mais de 50% do total de espécimes coletados). Todas essas espécies foram

registradas também nos ambientes epígeos amostrados.

As espécies amostradas na Caverna do Japonês não apresentam características que as classifiquem como espécies troglóbias (tais como, redução de olhos e/ou perda de pigmentação, em relação ao observado em espécies epígeas congêneres). A presença tanto no meio epígeo como subterrâneo, bem como a ausência de diferenciação morfológica, indicam que essas espécies podem ser troglófilas (espécies com indivíduos capazes de viver e completar o ciclo de vida tanto no ambiente superficial como no subterrâneo), troglóxenas (espécies com indivíduos encontrados regularmente em cavernas, mas que devem sair periodicamente ao meio epígeo para completar o seu ciclo de vida) ou mesmo acidentais em cavernas (MATTOX et al., 2008). Esse fato pode ser explicado pela ausência de isolamento entre o meio hipógeo e epígeo na área de estudo, o que dificulta a formação de populações troglóbias na Caverna, que estão condicionadas principalmente ao isolamento devido a extinção das populações epígeas na mesma região (TRAJANO; BICHUETTE, 2006).

A espécie *Hoplias* cf. *malabaricus* é indicada como troglófila em uma caverna na área cárstica na Serra do Ramalho (BA), por Mattox et al. (2008). Na Caverna do Japonês não foi possível indicar *Hoplias malabaricus* como uma espécie troglófila, pelo número reduzido de exemplares coletados que sugere que essa espécie não esteja completando seu ciclo de vida dentro da caverna.

Observações feitas através de mergulhos livres com máscaras (*snorkeling*) na Lagoa do Japonês e na entrada da Caverna do Japonês (caracterizada pela incidência direta de luz) durante o dia, permitiu a identificação de espécimes de *Hypostomus* sp. que provavelmente enquadram-se na categoria de espécie troglóxena na Caverna. Uma grande população de *Hypostomus* sp. foi observada na zona de entrada da caverna durante o dia, mas não sendo observados na Lagoa. Em redes *overnight* colocadas em pontos distintos da Lagoa, uma quantidade significativa de exemplares de *Hypostomus* sp. foram coletados. Esses fatos sugerem que, durante o dia esses indivíduos utilizam a Caverna como refugio, saindo à noite para o forrageamento na Lagoa. Em área cárstica de São Domingos (GO), *Hypostomus* sp. é considerada espécie troglófila (MATTOX et al., 2008).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fluxo contínuo entre o meio epígeo e hipógeo na área é provavelmente o principal fator de

limitação para a ocorrência de espécies troglóbias na Caverna do Japonês. O fato da não ocorrência de peixes troglóbios na área cárstica do município de Pindorama do Tocantins, não exclui a possibilidade de ocorrência desses peixes em outras cavernas do Estado, que serão alvos de futuros trabalhos, e que certamente contribuirão para o aumento do conhecimento da ictiofauna cavernícola do Estado do Tocantins. O número considerável de táxons não identificados revela a necessidade de mais estudos sistemáticos sobre os peixes da bacia do Rio Tocantins.

AGRADECIMENTOS

Ao Núcleo de Estudos Ambientais (NEAMB), em especial ao Prof. Dr. Paulo Henrique Lucinda, aos biólogos Anderson Brito e Everton Faustino e a bióloga Iriene Siqueira pelo apoio e ajuda na identificação dos peixes. Aos biólogos Estevão, Glauco Bueno e Wagner Matos pela ajuda nas coletas. Ao Prof. Mesc. Rodney. Ao geógrafo Saulo da Rocha, pela ajuda na espeleologia e ao TEG (Tocantins Espeleo Grupo).

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, C.S.; AKAMA, A.; LUCINDA, P.H.F. Inserção da UHE Peixe Angical na bacia Araguaia-Tocantins e metodologia da amostragem. In: AGOSTINHO, C.S.; PELICICE, F.M.; MARQUES, E.M. (Eds.) **Reservatório de Peixe Angical: bases ecológicas para o manejo da ictiofauna**. São Carlos: RiMa. 2009. p. 5-13.
- BICHUETTE, M. E.; TRAJANO, E. Epigeal and subterranean ichthyofauna from the São Domingos karst area, Upper Tocantins River basin, Central Brazil. **Journal of Fish Biology**. 63(5). 2003.
- KOLHER, H. C. Geomorfologia Cársticas In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Eds.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil Ltda. 2008. p.309-334.
- LIMA, O.N.B.; UHLEIN, A.; BRITTO, W.; Estratigrafia do Grupo Bambuí na Serra da Saudade e geologia de depósito fosfático de Cedro do Abaeté, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**. 37(4). 2007.
- LUCINDA, P.H.F.; FREITAS, I. S.; SOARES, A. B.; MARQUES, E. E.; AGOSTINHO, C. S.; OLIVEIRA, R. J. Fish, Lageado Reservior, rio Tocantins drainage, State of Tocantins, Brazil. **Check List** (Unesp). 3(2). 2007.
- MATTOX, G.M.T.; BICHUETTE, M.; SECUTTIL, S.; TRAJANO, E. Surface and subterranean ichthyofauna in the Serra do Ramalho karst area, northeastern Brazil, with updated lists of Brazilian troglitic and trogliphilic fishes. **Biota Neotrop**. 8(4). 2008.
- MORAIS, F. Contexto geológico das cavernas em arenito do estado do Tocantins. Congresso Brasileiro de Espeleologia, 30, Montes Claros. **Anais**. Montes Claros: SBE, 2009. p.139-144.
- PAULA, M. J.; AKAMA, A.; MORAIS, F.; Ictiofauna epígea e hipógea numa área cárstica de Pindorama do Tocantins, TO: resultados preliminares. Congresso Brasileiro de Espeleologia, 31, Ponta Grossa. **Anais**. Ponta Grossa: SBE, 2011. p.459-464.
- PEREIRA, G. C.; MORAIS, F. Caracterização Geomorfológica do Sistema Cárstico da Gruta Lagoa do Japonês – Pindorama do Tocantins – TO. Congresso Brasileiro de Espeleologia, 31, Ponta Grossa. **Anais**. Ponta Grossa: SBE, 2011. p.95-101.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.) **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2008. p.153-212.
- SEPLAN. **Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial**. Palmas. TO. 2008.

- SOARES, A.B.; PELICICE, F. M.; LUCINDA, P. H. F.; AKAMA, A.; AGOSTINHO, C. S. Diversidade de peixes na área de influência da barragem de Peixe Angical, antes e após a formação do reservatório. In: AGOSTINHO, C.S.; PELICICE, F.M.; MARQUES, E.M. (Eds.) **Reservatório de Peixe Angical: bases ecológicas para o manejo da ictiofauna**. São Carlos: RiMa. 2009. p.15-27.
- TRAJANO, E.; BICHUETTE, M.E. **Biologia Subterrânea: Introdução**. São Paulo: Rede Speleo. 2006. pp. 92.
- TRAJANO, E.; SECUTTI, S.; BICHUETTE, M. E. Natural history and population data of fishes in caves of the Serra do Ramalho karst area, Middle São Francisco basin, northeastern Brazil. **Biota Neotrop.** 9(1). 2009a.
- TRAJANO, E.; SECUTTI, S.; MATTOX, G.M.T. **Epigean and subterranean ichthyofauna in Cordisburgo karst area, eastern Brazil**. *Biota Neotrop.* 9(3). 2009b.
- VARI, R. P.; MALABARBA, L. R. Neotropical Ichthyology: an overview. In: MALABARBA, L.R.; REIS, R.E.; VARI, R.P.; LUCENA, Z.M.S.; LUCENA, C.A.S. (Eds.). **Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes**. Porto Alegre: Edipucrs. 1998. p.1-11.

Fluxo editorial:

Recebido em: 24.02.2012

Aprovado em: 23.05.2012



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

SUMÁRIO DE TÍTULOS – VOLUME 22 (SUMMARY OF TITLES – VOLUME 22)

Tufas:

Caverna do Rio Fria (SP-40) revisitada 100 anos depois de Krone: história e geologia de uma caverna formada pelo crescimento de tufa

Rio Fria Cave (SP-40), revisited 100 years after Krone: history and geology of a cave formed by tufa growth

William Sallun Filho, Luis Henrique Sapiensa Almeida, Bruna Ferri Torresi,
Fábio Rodrigues Nobre Gouveia & Ana Laura Person

7

Ferro/Canga:

Novo sítio espeleológico em sistemas ferruginosos, no vale do Rio Peixe Bravo, norte de Minas Gerais, Brasil

New speleological site in ferruginous systems, Rio Peixe Bravo valley, northern Minas Gerais, Brazil

Felipe Fonseca do Carmo, Flávio Fonseca do Carmo, André Augusto Rodrigues Salgado &
Claudia Maria Jacobi

25

Unidade espeleológica Carajás: delimitação dos enfoques regional e local, conforme metodologia da IN-02/2009 MMA

Unidad espeleologica Carajás: los límites de enfoques regionales y lugar como la metodología IN-02/2009 MMA

Raul Fontes Valentim & João Paulo R. Olivito

41

Caracterização da unidade espeleológica e das unidades geomorfológicas da região do Quadrilátero Ferrífero - MG

Characterization of the speleological unit and of the geomorphological units of the Quadrilátero Ferrífero region – MG

Oswaldo A. Belo de Oliveira, João Paulo R. Olivito & Daniela Rodrigues-Silva

61

Arenitos:

Carste em rochas não-carbonáticas: o exemplo dos arenitos da formação Furnas, Campos Gerais do Paraná/Brasil e as implicações para a região

Karst in non-carbonate rocks: example and implications in the Furnas formation sandstones, Campos Gerais do Paraná region, southern Brazil

Mário Sérgio de Melo, Gilson Burigo Guimarães, Henrique Simão Pontes,

Laís Luana Massuqueto, Isabelle Pigurim, Hugo Queiroz Bagatim & Paulo César Fonseca Giannini

81

Geossítio do Sumidouro do Rio Quebra-Perna (Ponta Grossa/PR, Brasil): relevante exemplo de sistema cárstico nos arenitos da Formação Furnas

Sumidouro do Rio Quebra-Perna Geosite (Ponta Grossa city, Paraná state, Brazil): relevant example of the karst system in sandstones of the Furnas Formation

Laís Luana Massuqueto, Gilson Burigo Guimarães & Henrique Simão Pontes

99

Caverna da Chaminé, Ponta Grossa, PR, Brasil: potencial espeleológico, recursos hídricos subterrâneos e riscos geoambientais

Chaminé (chimney) Cave, Ponta Grossa city, southern Brazil: speleological potential, groundwater resources and geological hazard

Henrique Simão Pontes & Mário Sérgio de Melo

111

Cavernas em arenito no planalto residual do Tocantins

Sandstone caves in the planalto residual do Tocantins

Fernando Morais & Saulo da Rocha

127

Biologia/Paleontologia:

Karstic features generated from large palaeovertebrate tunnels in southern Brazil

Características kársticas geradas a partir de gran túneles de paleovertebrados en el sur de Brasil

Heinrich Theodor Frank, Francisco Sekiguchi de Carvalho Buchmann,

Leonardo Gonçalves de Lima, Felipe Caron, Renato Pereira Lopes & Milene Fornari

139

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, José Carlos Nicolau & Rodrigo Lopes Ferreira

155

ÍNDICE DE ASSUNTOS – VOLUME 22 (INDEX OF SUBJECTS – VOLUME 22)

A

Arenito, 127

B

Biospeleology, 155

C

Cangas, 25

Campos Gerais, 99

Carajás, 41

Carste em arenito, 111

Carste em arenitos, 81

Carste em rochas siliciclásticas, 99

Carste ferruginoso, 25

Carste não-carbonático, 81

Caves, 25

Caverna da Chaminé, 111

Caverna do Rio Fria, 7

Cavernas, 25

Chaminé Cave, 111

Community structure, 155

Crotovinas, 139

Crotovines, 139

D

Diversidade, 155

Diversit, 155

E

Enfoque local, 41

Enfoque regional, 41

Environmental licensing, 61

Estrutura de comunidades, 155

F

Fauna, 155

Ferruginous karst, 25

Formação Furnas, 81, 99, 111

Furnas Formation, 81, 99, 111

G

Geological hazard, 111

Geomorfologia Cárstica, 127

Geomorphological unit, 61

Gestão do patrimônio natural, 81

Groundwater resources, 111

I

Invertebrados, 155

Ironstone outcrops, 25

K

Karst, 139

Karst Geomorphology, 127

Karst in quartzose rocks, 99

Karst in sandstone, 81

L

Licenciamento ambiental, 61

N

Natural heritage management, 81

Non-carbonate karst, 81

P

Palaeoburrows, 139

Paleocuevas, 139

Paleovertebrados, 139

Palaeovertebrates, 139

Q

Quadrilátero Ferrífero, 61

Quartzite, 155

Quartzito, 155

R

Recursos hídricos subterrâneos, 111

Rio Fria's Cave, 7

Rio Peixe Bravo valley, 25

Riscos geoambientais, 111

S

Sandstone, 127

Sandstone karst, 111

Serra do André Lopes, 7

Sigismund Ernst Richard Krone, 7

Speleological unit, 61

Sumidouro do Rio Quebra-Perna, 99

T

Tocantins, 127

Tocantins State, 127

Tufa, 7

Túneles, 139

Tunnels, 139

U

Unidad de espeleología, 41

Unidad geomorfológica, 41

Unidade espeleológica, 41, 61

Unidade geomorfológica, 41, 61

V

Vale do Rio Peixe Bravo, 25

ÍNDICE DE AUTORES – VOLUME 22 (INDEX OF AUTHORS – VOLUME 22)

A

Almeida, 7

B

Bagatim, 81

Buchmann, 139

C

Carmo, 25

Caron, 139

F

Ferreira, 155

Fornari, 139

Frank, 139

G

Giannini, 81

Gouveia, 7

Guimarães, 81, 99

J

Jacobi, 25

L

Lima, 139

Lopes, 139

M

Massuqueto, 81, 89

Melo, 81, 111

Morais, 127

N

Nicolau, 155

O

Oliveira, 61

Olivito, 41, 61

P

Person, 7

Pigurim, 81

Pontes, 81, 99, 111

R

Rocha, 127

Rodrigues-Silva, 61

S

Sallun Filho, 7

Salgado, 25

Souza Silva, 155

T

Torresi, 7

V

Valentim, 41

QUADRO DE AVALIADORES – VOLUME 22 (BOARD OF REVIEW – VOLUME 22)

No ano de 2011, os originais recebidos foram avaliados pelos seguintes pesquisadores:

- Dr. Carlos Henrique Grohmann - *Universidade de São Paulo (USP)*
- Dr. Cesar Ulisses Vieira Verissimo - *Universidade Federal do Ceará (UFC)*
- Dr. Cláudio M. Teixeira-da-Silva - *Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)*
- Dra. Danielle Piuzana Mucida - *Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)*
- Dr. Fabiano Tomazini da Conceição - *Universidade Estadual Paulista (UNESP)*
- Dr. Fernando Moraes - *Universidade Federal do Tocantins (UFT)*
- Dr. Gilson B. Guimarães - *Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)*
- Dr. Guillermo Navarro - *Universidade Estadual Paulista (UNESP)*
- Dr. Hélio Shimada - *Instituto Geológico - Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo (IG-SMA/SP)*
- Dr. Heros Augusto Santos Lobo - *Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR)*
- Dra. Kátia Cury - *Ministério do Meio Ambiente (MMA)*
- Dr. Luiz Eduardo Panisset Travassos - *Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG)*
- Dra. Maria Elina Bichuette - *Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR)*
- Dr. Mário Sérgio de Melo - *Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)*
- Dr. Paulo César Boggiani - *Universidade de São Paulo (USP)*
- Dr. Renato Pirani Ghilardi - *Universidade Estadual Paulista (UNESP)*
- Dr. Ricardo Galeno Fraga de Araújo Pereira - *Geoklock Consultoria e Engenharia Ambiental (GEOKLOCK)*
- Dr. Rubens Hardt - *Universidade Estadual Paulista (UNESP)*
- Dra. Úrsula Ruchkys de Azevedo - *Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)*
- Dr. Walter Fagundes Morales - *Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC)*
- Dr. William Sallun Filho - *Instituto Geológico - Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo (IG-SMA/SP)*
-

GESTÃO EDITORIAL - 2011

Durante o ano de 2011, a revista *Espeleo-Tema* apresentou o seguinte fluxo editorial de avaliação de originais:

Originais recebidos em 2011: 15
Originais publicados em 2011: 10
Originais reprovados em 2011: 02
Originais recebidos em 2011 em avaliação para 2012: 04

Web site (no período de 01/01/2011 a 31/12/2011)

Total de *page views* (página da revista): 3.666

Total de *page views* (página de cada número)

Volume 22 Número 1: 859
Volume 21 Número 2: 527
Volume 21 Número 1: 876
Volume 20 Números 1-2: 1.009

Total de *downloads* (revista completa):

Volume 22 Número 1: 760
Volume 21 Número 2: 712
Volume 21 Número 1: 660
Volume 20 Números 1-2: 659

Total de *downloads* (por artigo):

Volume 22 número 1 p.000-005: 90
Volume 22 número 1 p.007-023: 265
Volume 22 número 1 p.025-039: 297
Volume 22 número 1 p.041-060: 238
Volume 22 número 1 p.061-080: 267
Volume 22 número 1 p.081-097: 243
Volume 22 número 1 p.099-110: 162
Volume 22 número 1 p.111-126: 243
Volume 22 número 1 p.127-137: 182
Volume 22 número 1 p.139-153: 198
Volume 22 número 1 p.155-167: 227

Volume 21 número 2 - p. 115-118: 92
Volume 21 número 2 - p. 119-129: 201
Volume 21 número 2 - p. 131-144: 237
Volume 21 número 1 - p. 145-149: 77

Volume 21 número 1 - p. 000-005: 190
Volume 21 número 1 - p. 007-016: 262
Volume 21 número 1 - p. 017-028: 218
Volume 21 número 1 - p. 029-041: 344
Volume 21 número 1 - p. 043-048: 131
Volume 21 número 1 - p. 049-065: 262
Volume 21 número 1 - p. 067-103: 170
Volume 21 número 1 - p. 105-112: 245
Volume 21 número 1 - p. 113-114: 232

Volume 20 números 1-2 - p. 000-005: 167
Volume 20 números 1-2 - p. 007-023: 486
Volume 20 números 1-2 - p. 025-036: 312
Volume 20 números 1-2 - p. 037-047: 283
Volume 20 números 1-2 - p. 049-058: 380
Volume 20 números 1-2 - p. 059-060: 155

Marcelo Augusto Rasteiro
Editor Executivo



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
