

## Caracterização dos ecossistemas das Grutas Aroê Jari, Kiogo Brado e Lago Azul (Chapada dos Guimarães, MT): Subsídios para o turismo nestas cavidades

Rodrigo Lopes Ferreira<sup>1</sup>; Leopoldo Ferreira de Oliveira Bernardi<sup>2</sup>; Marconi Souza Silva<sup>3</sup>

### RESUMO

Estudos acerca de comunidades presentes em cavernas areníticas no Brasil são raros. Neste trabalho são apresentados dados sobre a riqueza de espécies, estrutura das comunidades, além da proposição de manejo para utilização turística de três cavernas da região de Chapada dos Guimarães, Mato Grosso. Nestas cavernas foram encontradas 186 espécies, sendo 139 presentes na caverna Aroê Jari, 72 espécies na caverna Kiogo Brado e 8 espécies na caverna Lago Azul. Além disto, foram encontradas espécies troglomórficas na caverna Aroê Jari (3 spp.) e Kiogo Brado (2 spp.). O turismo nestas cavidades deve ser conduzido em locais restritos, como áreas onde não haja grande riqueza de espécies ou elevada concentração de indivíduos de diferentes espécies. A implementação de manejo em cavernas é importante para a manutenção e preservação da biota presente em sistemas subterrâneos.

**Palavras-chave:** cavernas areníticas, invertebrados, manejo, turismo e conservação.

### ABSTRACT

Studies concerning invertebrate communities in Brazilian sandstone caves are scarce. This work presents the species richness and community structure of three caves located in Chapada dos Guimarães, Mato Grosso. Furthermore, we present proposals for touristic use for the caves. A total of 186 species were found, from which 139 species were found in Aroê Jari cave, 72 species in Kiogo Brado cave and 8 species in Lago Azul cave. Furthermore, 5 troglomorphic species were found in Aroê Jari (3 spp.) and Kiogo Brado caves (2 spp.). The tourism in these caves must be restricted to some places, since some areas in the caves concentrate organic matter and thus, aggregate many species. The management of cave ecosystems is extremely important for the maintenance and preservation of underground species when some kind of human use is required.

**Keywords:** Sandstone caves, invertebrates, management, tourism, conservation

## 1 INTRODUÇÃO

As cavernas são freqüentemente associadas a um sistema denominado “carste”, que é caracterizado como um complexo dinâmico em constante modificação, principalmente pela ação da água, que atua na formação, moldagem e deposição de inúmeras feições (Gilbert et al, 1994). Embora as cavernas sejam encontradas principalmente em rochas de maior solubilidade (como as carbonáticas), podem também ocorrer em

quartzitos, arenitos, granitos, rochas ferruginosas, dentre outras. A formação das cavernas se dá, a princípio, pela dissolução da rocha pela ação da água, que forma lenta e continuamente condutos e galerias subterrâneas.

O meio cavernícola apresenta uma série de características peculiares, dentre as quais se destaca a elevada estabilidade ambiental (Poulson & White, 1969). De uma maneira geral, o ambiente físico das cavernas varia menos que o ambiente epígeo (externo) circundante. As condições físicas variam não

apenas durante o tempo, mas também entre diferentes cavernas e até mesmo entre áreas distintas dentro de uma mesma caverna (Ferreira 2004).

As temperaturas no interior das cavernas aproximam-se da média das temperaturas externas anuais. Em cavernas extensas, a temperatura quase não varia em locais muito distantes da entrada (Barr & Kuehne, 1971). Entretanto, cavernas pouco extensas apresentam oscilações mais evidentes, que são reflexo direto das variações no ambiente epígeo. As cavernas são ainda caracterizadas pela elevada umidade, que muitas vezes tende à saturação.

A ausência permanente de luz no interior das cavernas impossibilita a ocorrência de organismos fotossintetizantes. Dessa forma, na maioria das cavernas, os recursos alimentares disponíveis para fauna residente têm origem alóctone. Desta forma, a importação de recursos orgânicos para as cavernas se dá por meio de rios, enxurradas, cursos d'água ou por águas que se infiltram pelo teto ou paredes e através de aberturas ou fraturas que eventualmente existem nas cavernas (Culver 1982, Souza-Silva 2003, Souza-Silva *et al* 2007). Além disto, animais que habitualmente utilizam as cavernas como abrigos ou penetram acidentalmente nestes ambientes, podem ter suas fezes ou cadáveres utilizados como recursos alimentares por outros organismos (Ferreira 2005).

Mesmo havendo diversas formas de entrada da matéria orgânica nas cavernas, estes ambientes são comumente caracterizados como oligotróficos, já que, geralmente, as vias de importação não são eficientes e tendem a não transportar grandes quantidades de recursos (Culver 1982). Desta forma, os organismos que vivem no meio hipógeo devem ser minimamente pré-adaptados às limitações físicas e à disponibilidade de recursos alimentares existente nas cavernas (Culver 1982). Sendo assim, os organismos cavernícolas podem ser classificados em três categorias (Holsinger & Culver, 1988): 1. Os troglóxenos são encontrados no ambiente subterrâneo, mas saem regularmente do mesmo para se alimentar. Frequentemente ocorrem nas proximidades das entradas das cavernas, mas eventualmente grandes populações podem ocorrer em locais mais distantes das entradas. Desta forma, muitos destes organismos atuam como importadores de

energia do meio epígeo, sendo muitas vezes os principais responsáveis pelo fluxo energético em sistemas cavernícolas, como cavernas permanentemente secas. 2. Os troglófilos são capazes de completar seu ciclo de vida no meio hipógeo e/ou epígeo. Neste último, os troglóxenos e troglófilos geralmente ocorrem em ambientes úmidos e sombreados. Certas espécies podem, ainda, serem troglóxenas sob certas circunstâncias e troglófilas em outras (e.g. cavernas com grande disponibilidade de alimento). 3. Os troglóbios são restritos ao ambiente cavernícola. Por isso, tendem a apresentar diversos tipos de especializações (morfológicas – e.g. redução das estruturas oculares e da pigmentação - fisiológicas ou comportamentais) que provavelmente evoluíram em resposta às pressões seletivas presentes em cavernas e/ou à ausência de pressões seletivas típicas do meio epígeo.

A distribuição dos organismos no meio hipógeo pode ser influenciada por inúmeros fatores, dentre os quais se destaca a disponibilidade de recursos alimentares (Ferreira & Martins, 1998). Além disso, muitos organismos colonizam cavernas via entrada, de forma que a distância da entrada até o interior também pode ser um importante fator de influência na distribuição de alguns grupos (Ferreira & Pompeu, 1997).

O processo de adequação de cavernas no Brasil ao uso turístico demanda estudos geológicos e biológicos, além da caracterização arqueológica e paleontológica da cavidade onde se deseja implantar o turismo. Tais estudos determinam os respectivos planos de manejo para o uso sustentável de cada cavidade.

As proposições de ações de manejo, entretanto, devem ser específicas e adequadas a cada sistema. Desta forma, a ação de manejo deve ser focalizada em cada sistema específico (embora dentro de um contexto) e não proposta como se fosse atender a várias cavernas de uma dada região.

A maioria das cavernas do mundo, e também do Brasil, localizam-se em rochas carbonáticas, que são as mais favoráveis aos processos que resultam na formação de cavidades naturais no subsolo. Por esse motivo, grande parte do conhecimento acerca da fauna cavernícola provem de estudos em cavernas calcárias (Trajano & Moreira, 1991). Devido à

escassez de informações a respeito da fauna cavernícola presente em cavidades areníticas e a crescente necessidade de elaboração de manejo para adequação de cavidades para o uso turístico, o presente trabalho teve como objetivos:

1. Caracterizar o ecossistema das cavernas Aroê Jari, Kiogo Brado e Lago Azul, visando as perspectivas bióticas e tróficas destes sistemas;
2. Avaliar os impactos da visitação humana sobre o ambiente, fauna e recursos destas cavernas;
3. Propor ações de manejo que visem minimizar os eventuais efeitos negativos que o turismo possa ter sobre as cavernas.

## 2 MÉTODOS

### 2.1 Área de Estudo

O presente estudo foi desenvolvido durante uma única campanha realizada entre os dias 23 e 27 de outubro de 2006, nas grutas areníticas Kiogo Brado, Lago Azul e Aroê Jari, localizadas no município Chapada Guimarães, MT, Brasil (SBE, 2009).

A área está inserida nos domínios do Cerrado, apresentando uma vegetação rasteira, com domínio de gramíneas, e o extrato arbóreo com árvores esparsas e geralmente de altura mediana (Rizzini, 1997).

As cavernas encontram-se inseridas na Chapada do Guimarães, no domínio geológico das rochas sedimentares do norte da Bacia do Paraná, dentro do Grupo Rio Ivaí. A região foi formada no intervalo temporal de 460 a 420 milhões de anos, envolvendo o final do Período Ordoviciano e o início do Período Siluriano (Borghi & Moreira, 2002).

A caverna Aroê Jari apresenta um conduto principal amplo, vadoso e plano com uma extensão de 1.400 metros. Existem três entradas que dão acesso ao meio externo, sendo que duas delas estão localizadas em extremidades opostas do conduto principal, e a terceira é uma pequena clarabóia que se localiza na parte média da caverna ao final de um conduto lateral. Por esta clarabóia penetra uma pequena drenagem que transporta detritos do meio epígeo para a caverna. Existem quatro salões ao longo do conduto principal. Dois deles

se localizam nas proximidades da entrada principal enquanto outro se localiza junto à drenagem que penetra na caverna pela clarabóia. O quarto salão foi formado por abatimentos do teto da cavidade. Nele, encontra-se uma grande pilha de blocos rochosos depositados no piso do salão. Ao longo da cavidade são observadas grandes coleções de água aparentemente estagnada, que têm como substrato de fundo um sedimento de granulometria bastante refinada e de cor escura.

A caverna Kiogo Brado possui uma extensão total de 273 metros, e é formada por um único conduto vadoso, sendo percorrida por um curso d'água em toda a sua extensão. O conduto principal apresenta o teto elevado, e possui duas entradas localizadas nas extremidades opostas do conduto da caverna. A luz penetra pelas entradas e mantém a cavidade fracamente iluminada em toda sua extensão. À montante da drenagem, junto a uma das entradas da caverna, ocorre um grande conjunto de blocos rochosos resultante de abatimentos do teto do conduto principal.

A gruta do Lago Azul possui pequena extensão, sendo formada por um grande salão central que apresenta duas entradas e um pequeno conduto lateral. A entrada principal é ampla, e a outra é menor, estando localizada na lateral do salão na extremidade oposta ao pequeno conduto lateral. Todo piso da caverna encontra-se submerso por um lago de águas cristalinas, que nasce no meio hipógeo e escoar em direção ao meio epígeo pela menor saída. A profundidade deste lago não é homogênea, chegando, em alguns pontos, a uma profundidade de cerca de 5 metros.

### 2.2 Avaliação Trófica

Os recursos visíveis em cada cavidade foram examinados (*in situ*), para a determinação do seu status trófico. Desta forma, os recursos alimentares presentes foram apenas qualificados, sendo que a quantificação dos recursos presentes, bem como suas vias de acesso, acumulação e decomposição não foram avaliadas.

## 2.3 Avaliação Bioespeleológica

As coletas de organismos ocorreram em uma única campanha realizada entre os dias 23 e 27 de Outubro de 2006. A coleta de invertebrados foi feita através de captura manual com o auxílio de pinças, pincéis e redes entomológicas em quaisquer biótopos potenciais (e.g. guano, matéria orgânica vegetal, carcaças, solo, corpos d'água). Cada um dos espécimes coletados teve sua posição registrada em um mapa da caverna, fornecendo, assim, dados da riqueza, abundância e distribuição das diferentes espécies presentes. Tal método somente não foi aplicado à gruta do Lago Azul, tendo em vista que esta apresenta praticamente toda sua extensão inundada.

Além das coletas manuais, foram instaladas armadilhas de queda do tipo “pitfall” contendo solução salina saturada (NaCl - 100%) como meio de preservação dos espécimes e iscas de fígado em decomposição como atrativo. Tais armadilhas foram instaladas somente na gruta Aroê Jarí (14 armadilhas), que possui trechos com abatimentos de rochas. Nestes casos, o emprego das armadilhas é recomendável, uma vez que estas são capazes de atrair invertebrados que por ventura estejam sob blocos de rocha e conseqüentemente inacessíveis à coleta manual. O emprego desta técnica, no entanto, muitas vezes leva à captura excessiva de certas espécies, o que pode vir a desestruturar certas populações de invertebrados, em especial de espécies detritívoras (Ferreira, 2004). Desta forma, para as demais cavernas, optou-se pelo não emprego das armadilhas, evitando-se assim, uma coleta excessiva de certas espécies.

Nas coleções de água presentes nas grutas Aroê Jarí e Lago Azul foram empregadas ainda, armadilhas submersas. Tais armadilhas consistiram de garrafas plásticas cortadas de forma que o gargalo era invertido para o interior da garrafa. O fundo era também cortado e substituído por uma tela de voil, que permitia o fluxo de água pelo interior da armadilha. Na parte interna de cada armadilha foram instaladas iscas de queijo e fígado. Estas armadilhas tinham o objetivo de atrair quaisquer organismos para o seu interior. As armadilhas foram amarradas a pesos de chumbo para que pudessem permanecer no fundo ou na coluna

d'água. Esferas de isopor foram utilizadas como flutuadores para marcar a posição de cada armadilha no interior das cavernas. Foram instaladas nove armadilhas na gruta do Lago azul e sete armadilhas na gruta Aroê Jarí.

A determinação de espécies potencialmente troglóbias foi realizada através da identificação, nos espécimes, de características morfológicas denominadas “troglomorfismos”. Tais características, como redução da pigmentação melânica, redução das estruturas oculares, alongamento de apêndices, dentre outras, são utilizadas freqüentemente para a maioria dos grupos, uma vez que resultam de processos evolutivos ocorrentes após o isolamento de populações em cavernas. As características a serem utilizadas para estes diagnósticos, no entanto, diferem no caso de organismos pertencentes à taxa distintos. Certos grupos, por exemplo, possuem espécies sempre despigmentadas e anoftálmicas, mesmo no ambiente epígeo (e.g. *Palpigradi*). Nestes casos, os troglomorfismos são mais específicos (alongamento dos flagelômeros, aumento no número de órgãos frontais e laterais, dentre outros, para o caso do grupo citado). Desta forma, é necessário se conhecer a biologia de cada grupo no intuito de se diagnosticar efetivamente a existência ou não de troglomorfismos.

## 3 RESULTADOS

### 3.1 Gruta Aroê Jari

#### 3.1.1 Histórico do uso e ocupação da Caverna

A gruta Aroê Jarí possui um histórico de uso cujos registros datam de mais de 60 anos. O trecho transcrito abaixo foi retirado de um texto de Jorge Belfort Mattos Jr. (<http://www.geocities.com/yosemite/rapids/4055/caverna.html>, acessado em 12/08/2009).

*“É sabido pelos diversos sinais deixados que o homem pré-histórico já andou pela região da caverna deixando sinais em locais abrigados e não suscetíveis à erosão intensa. Os índios Bororós que habitavam a Chapada, e até, os Caiapós mais recentemente podem tê-la utilizado como pernoite numa época de caça ou na busca de ervas*

*medicinais, e existe uma citação que os Tropeiros já do modo de produção colonial português, teriam pernoitado em 1870 quando estavam a caminho de Cuiabá. Pôr ocasião da Expedição Langsdorf que esteve aqui em 1827, nenhuma citação sequer foi deixada, apenas existe um relato oral contado pelo avô de Antônio Cássio Albernaz de que os "Revoltosos", nome dado ao grupo da "Coluna Prestes" teriam seqüestrado e levado a força para a caverna e teriam passado alguns dias até, que deram uma mula e mandaram-no embora. Riquíssimas informações foram transmitidas pelo Sr. Nhoca Pacheco que passava pôr um caminho tropeiro para ir a sua fazenda há mais de 40 anos e havia um "fogão" natural no salão do "Chuveiro" e garimpeiros que teriam morado no interior da caverna o destruíram."*

O Mesmo autor relata que, na década de 1980, iniciou-se um ínfimo movimento de turistas e pesquisadores, entre elas uma expedição do Museu Nacional do Rio de Janeiro. Além disso, o autor menciona que em 1989 a FEMA cria o "Plano de Re-ordenamento da Ocupação de Chapada" com fundos do PNMA (Programa Nacional do Meio Ambiente). Tal plano contou com uma equipe multidisciplinar que produziu trabalhos a respeito de várias áreas de Chapada, inclusive a caverna. A partir desta época, a cavidade passou a ser visitada por turistas e espeleólogos. Segundo o autor, a partir de 1993 um maior fluxo indevido de veículos pela vereda, principalmente motos e jipes cujos condutores teimavam em chegar até a nascente da "Água Suja" começou a deixar rastros profundos que canalizavam a água abrindo erosões.

Outro depoimento interessante retirado do texto supracitado foi dado por José Paulino dos Santos, 62 o guia mais antigo de Chapada:

*"A primeira vez que fui à caverna foi em 1978, fomos de carro, mas o carro ficou na região da Cruz de Pedra, e de lá era só seguindo a pé pôr uma picada, passamos pela ponte de pedra. Fomos com D. Maria Elisa Costa, filha do Dr. Lúcio Costa, e um velho de Chapada, o Chiquinho do Ipê, que conhecia já a caverna e chamava-se Lagoa Encantada dada pela D. Maria Elisa, e hoje já não há tanta água como havia naquela época. Para chegar na boca ia pela mesma vereda e pela mata. Quando chegamos na boca da caverna lembro-me que não estava muito devastada como está hoje,*

*naquela subida que vai para a Lagoa Azul não estava ainda com marcas e com os buracos aparecendo as raízes, não havia as cinzas e paus queimados que existem hoje, e não existiam desenhos na parede, era tudo "cherozinho" e tudo limpinho. Nós entramos no salão onde há o chuveiro e de lá nós voltamos, D. Maria queria ir mas ninguém sabia a distância e o guia (Chiquinho do Ipê) disse que havia muita água, mas foi na época da seca. Vimos vários animais, os queixadas, os catetos e uma jaguatirica.*

Além deste depoimento, merece menção o relato de Ramis Bucair, retirado do mesmo texto:

*"Sou espeleólogo com a carteira 63 do Brasil da SBE da velha guarda do Pierre Martin, no início da SBE. Conheço Chapada há 40 anos quando a estrada Cuiabá - Chapada ainda era quase uma viagem que tinha que levar matula. A primeira vez que fui à caverna foi em 1974, e hoje não gostaria de vê-la, pois está muito diferente do que estava, muito depredada. Já fiz a descrição de muitas cavernas e inclusive das inscrições rupestres Parietal que existem no contraforte da serra de Chapada. Na primeira vez que fomos à caverna utilizamos uma camioneta, deixamos o carro perto da Cruz de Pedra que é uma incógnita, pois fica plantada quase que numa planície e deverão vir ainda este ano um pessoal da Universidade de Brasília, muitos acham-na parecida com uma águia, virão para fazer uma pesquisa, pois não se sabe se ela foi trabalhada ou se foi transladada para o local. Foi neste local que deixamos o carro e daí fomos caminhando, e três coisas chamaram a atenção da expedição; além da própria caverna, havia a Cruz de Pedra, e uma Ponte de Pedra que ligava um morro a outro, com um vão muito grande, feito pela natureza sem a obra do homem sem auxílio de ferro ou cimento, feito pela arquitetura Divina, de lá atravessamos um varjão, era tudo virgem e não haviam trilhas, andávamos através de rumos, utilizamos um guia que morava na região. Subimos uma pequena elevação, e aí penetramos no primeiro salão, onde nascia um manancial, depois não conseguimos atravessar porque não havíamos levado embarcação para cruzar o córrego que percorre quase toda a caverna. Daí então voltamos para Cuiabá, aonde conseguimos câmaras de ar de pneus, fazendo então uma embarcação improvisada e daí então conseguimos atravessá-la. Na travessia havia mais ou menos 1,80m ou 2,00m de profundidade. No centro da caverna existe uma grande ilha que justamente ao chegarmos nela furou a câmara de ar, uma pessoa voltou à camioneta*

*estacionada na Cruz de Pedra para colar a câmara, voltamos então naquela ilha, de onde se pode ver uma pequena claridade da saída da caverna bem ao longe (...). Naquela época não conheci a Lagoa Azul, pois não tínhamos mais provisões para continuarmos as pesquisas.“*

Todos os depoimentos acima demonstram que a condição da gruta Aroê Jarí no passado, bem como de seu entorno, era bastante distinta da atualmente observada. Infelizmente, em nenhum dos relatos ou depoimentos, existem quaisquer menções à fauna subterrânea. Os raros casos de menção à fauna consistem de relatos de vertebrados epígeos. Desta forma, é impossível comparar a composição atual de espécies presentes com a condição passada. No entanto, é importante compreender que alterações vêm ocorrendo, em especial a partir da década de 1980, e que muitas destas alterações (tanto epígeas quanto hipógeas) podem estar causando modificações no funcionamento biológico geral do sistema.

### **3.1.2 Patrimônio Espeleológico e Impactos Ambientais**

A gruta Aroê Jarí possui consideráveis aspectos de valoração espeleológica. O valor científico é considerável, principalmente pela presença de comunidades ricas e presença de espécies troglomórficas, como será detalhado a seguir. A pertinência ambiental é também considerável, tendo em vista a existência de uma drenagem que percorre boa parte do conduto da caverna, demonstrando a eventual conexão da cavidade com níveis freáticos basais. O valor paisagístico é bastante elevado, dada a presença de morfologias de grande atrativo estético. O valor religioso é virtualmente inexistente, já que não foram observados quaisquer sinais de uso para esta finalidade. Finalmente, o valor econômico é nítido, sendo esta uma das poucas cavidades presentes no complexo da Chapada dos Guimarães que exibe grande vocação para o uso turístico.

A gruta Aroê Jarí possui, como únicas alterações mais evidentes, aquelas poucas causadas pela circulação de visitantes pela caverna. É importante salientar que a avaliação do sistema enquanto preservado ou não

dependeria do conhecimento prévio de sua condição biológica anterior ao início das visitas à cavidade. Desta forma, salienta-se que as considerações acerca do estado de conservação do sistema baseiam-se na condição atual, e não na comparação entre a condição atual e a passada, que efetivamente demonstraria quão preservada (ou não) encontra-se seu sistema biológico.

Embora se desconheça o passado biológico da cavidade, trechos dos depoimentos retirados do texto de Jorge Belfort Mattos Jr., anteriormente citado, demonstram que a cavidade vem sofrendo consideráveis alterações nas últimas décadas:

*(...) Quando chegamos na boca da caverna lembro-me que não estava muito devastada como está hoje, naquela subida que vai para a Lagoa Azul não estava ainda com marcas e com os buracos aparecendo as raízes, não havia as cinzas e paus queimados que existem hoje, e não existiam desenhos na parede (...)* (José Paulino dos Santos).

*(...) A primeira vez que fui à caverna foi em 1974, e hoje não gostaria de vê-la, pois está muito diferente do que estava, muito depredada (...)* (Ramis Bucair).

Um aspecto que merece menção (como será discutido à frente) é a distribuição preferencial dos recursos tróficos (e conseqüentemente da fauna) junto ao piso da cavidade. Tal condição leva à “preocupação” com relação à contínua circulação de visitantes em quaisquer locais da cavidade.

Tendo em vista o anteriormente exposto, é difícil definir se a visita que vem ocorrendo nos últimos anos na cavidade teve ou não reflexos negativos sobre as comunidades biológicas presentes.

### **3.1.3 Caracterização ecológica da cavidade**

Foi observado nesta caverna, um total de 139 morfoespécies distribuídas em pelo menos 62 famílias das ordens: Acari (Laelpidae e Macronyssidae), Amblypygi (Phryniidae), Araneae (Amaurobiidae, Araneidae, Ctenidae, Oonopidae, Ochiroceratidae, Pholcidae, Pisauridae, Symphytognathidae, Tetragnathidae, Theridiidae, Trechaleidae), Opiliones (Gonyleptidae), Pseudoscorpiones (Chernetidae, Chtoniidae), Scorpiones, Polydesmida

(Pyrgodesmidae, Cryptodesmidae), Spirostreptida (Pseudonannolenidae), Scolopendromorpha, Blattodea, Coleoptera (Bostrichidae, Carabidae, Cholevidae, Chrysomellidae, Dermestidae, Dyticideae, Lathridiidae, Nitidulidae, Scydmaenidae, Staphylinidae), Collembola (Entomobryiidae, Dicyrtomyiidae), Diplura (Campodeidae), Diptera (Ceratopogonidae, Chironomidae, Drosophilidae, Mycetophilidae, Psychodidae, Tipulidae, Tachinidae), Ensifera (Phalangopsidae), Heteroptera (Belostomatidae, Cydnidae, Gerridae, Hebridae, Naucoridae, Ploiariidae, Reduviidae, Veliidae), Homoptera (Cixiidae), Hymenoptera (Formicidae, Sphecidae), Isoptera (Nasutitermitidae), Lepidoptera (Tineidae), Neuroptera (Myrmeleontidae), Plecoptera, Psocoptera, Siphonaptera, Zygentoma (Nicoletiidae) e Oligochaeta. Além dos invertebrados, foram observados pouquíssimos girinos (Amphibia: Anura) em certos pontos da drenagem subterrânea. Além dos girinos, observaram-se alguns anuros adultos (*Physalaemus* sp., *Hypsiboas* sp., *Rhinella* sp., *Eleutherodactylus* sp.) e morcegos (*Natalus* sp., *Desmodus rotundus*, *Carolia* sp.). Foram também observadas pegadas de paca (*Cuniculus paca*). Foram observadas, também, dezenas de ninhos de vespas nas proximidades das entradas da caverna. Tais ninhos denotam o intenso uso desta cavidade para nidificação destes insetos, dadas as condições de estabilidade e sombreamento do sistema. Foram encontradas duas espécies que possuem caracteres troglomórficos: uma pequena traça (Hexapoda: Zygentoma: Nicoletiidae) e uma pequena centopéia (Diplopoda: Polydesmida: Pyrgodesmidae).

A distribuição dos invertebrados mostrou-se claramente determinada pela distribuição espacial dos recursos alimentares presentes. Tal distribuição, como era de esperar, mostrou-se heterogênea, de modo que existem áreas onde se concentram invertebrados e outras áreas pobres em organismos.

Foi elaborado um mapa no qual as áreas mais ricas são indicadas por meio de variações de cor (Figura 1). As regiões representadas em amarelo são as mais pobres em espécies, enquanto os tons avermelhados representam áreas com elevado número de espécies. De

forma geral, os recursos tróficos constituem-se basicamente de materiais vegetais trazidos pelo curso d'água que percorre a caverna. A pequena drenagem que penetra na caverna e percorre o conduto do chamado "salão dourado" contribui de forma significativa para a importação de compostos orgânicos de origem vegetal. Tal contribuição leva ao incremento de riqueza naquela porção da caverna. Embora a drenagem principal possua um considerável volume de água, esta se mostra pouco eficiente no transporte e principalmente na dispersão de materiais orgânicos de origem alóctone pelo sistema. Os grandes "lagos" que se formam em muitos pontos do conduto principal acabam gerando um ambiente lântico que favorece a decantação de materiais particulados, que acabam se depositando no fundo. O substrato de fundo presente em boa parte da drenagem principal constitui-se de uma lama escura, de granulometria extremamente refinada. Embora não tenham sido realizadas análises químicas neste material, acredita-se que o mesmo possa ter origem orgânica, sendo produto de uma lenta decomposição dos materiais orgânicos decantados durante longos períodos de tempo no interior da caverna.

Este substrato presente no fundo de quase toda a drenagem principal (supostamente de origem orgânica) pode ser o responsável pela baixíssima riqueza de organismos aquáticos encontrada (ao contrário do observado no tributário que percorre o "salão dourado", e que não possui esta lama escura no substrato de fundo). A suposta natureza orgânica desta lama pode estar contribuindo para a criação de um ambiente anóxico associado ao fundo desta drenagem. Desta forma, os microorganismos decompositores presentes podem estar consumindo o oxigênio existente e eliminando CO<sub>2</sub> em excesso, o que pode levar a uma extrema desoxigenação da água existente junto ao substrato. Além disso, pode existir também uma acidificação desta lâmina d'água "basal", o que restringe ainda mais a ocupação por invertebrados e vertebrados bentônicos. Esta hipótese, embora não testada, é corroborada pela baixíssima riqueza observada nas enormes lagoas presentes no conduto principal da caverna. Durante todo o trabalho, foram somente observados poucos girinos e raras larvas de Chironomidae (Diptera – capturadas

em apenas uma das armadilhas submersas), que conta com algumas espécies altamente resistentes às condições de hipóxia. Além disso, como mencionado anteriormente, a pequena drenagem que percorre o salão dourado (e que não possui a lama escura no fundo, além de apresentar uma água límpida e corrente) apresentou uma elevada riqueza de organismos aquáticos, tendo sido observados vários grupos como Coleoptera (Dyticidae), Heteroptera (Belostomatidae, Gerridae, Hebridae, Naucoridae, Veliidae) e Plecoptera.

Além dos materiais vegetais presentes, observaram-se ainda, em alguns pontos da caverna, depósitos de guano de morcegos. Tais depósitos, bastante dispersos, apresentam-se em condições “sucessionais” bastante distintas. Existem, assim, desde depósitos frescos, ainda em deposição, até depósitos antigos, de aspecto ressecado ou pulverulento. Nestes depósitos foram observados inúmeros invertebrados, que consumiam diretamente o guano ou os fungos que se desenvolviam sobre o mesmo.

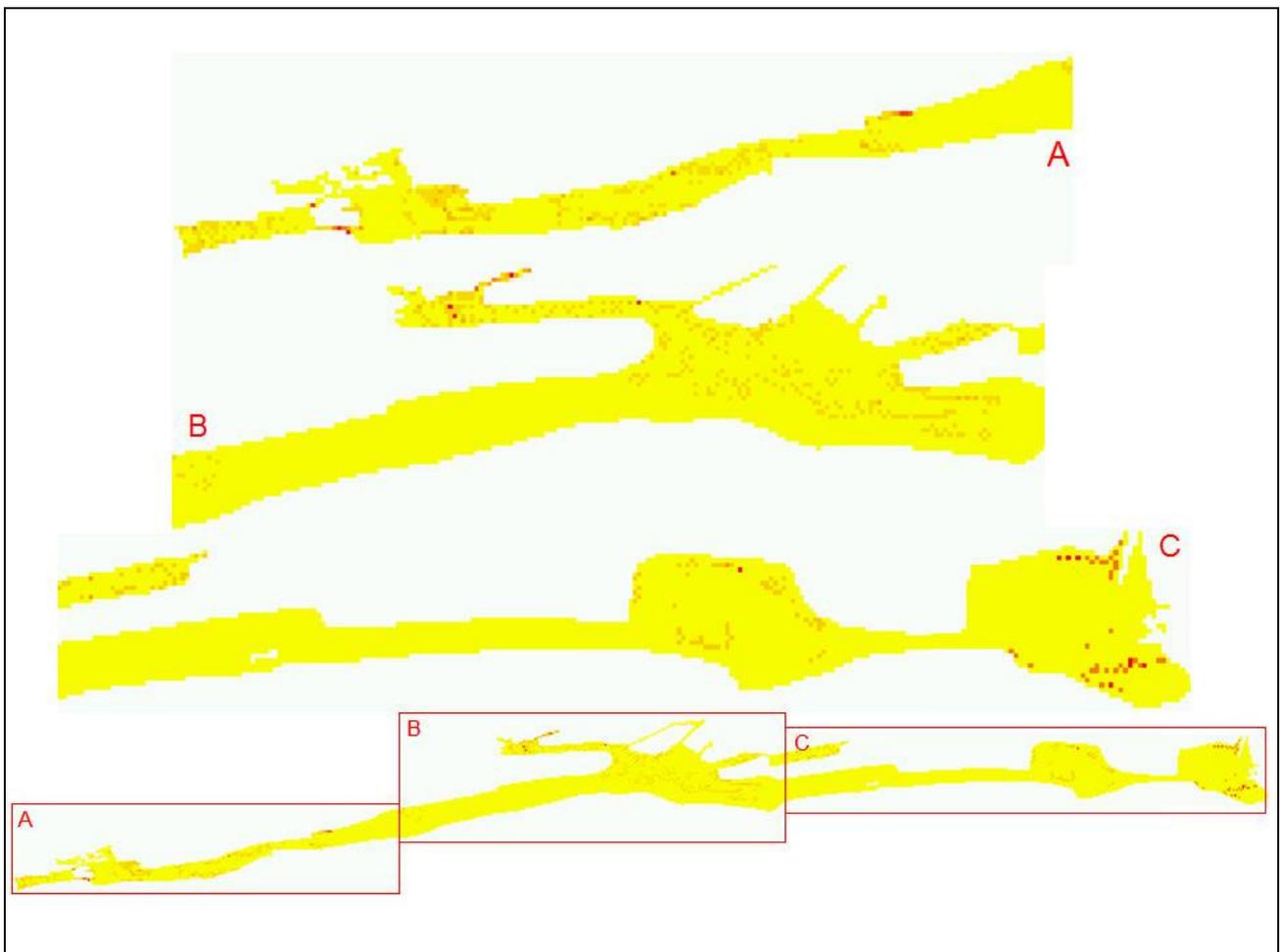


Figura 1: Mapa esquemático da gruta Aroê Jarí indicando os locais de maior riqueza de espécies no interior da caverna. A escala varia de amarelo (menor riqueza) até o vermelho (maior riqueza de espécies).

### 3.1.4 Proposta de manejo biológico para a cavidade

O plano proposto para a cavidade não consiste de um manejo efetivo da fauna da cavidade. Na verdade, consiste basicamente de um plano de uso, que define áreas a serem preservadas e condutas que visem minimizar os efeitos da visitação turística sobre as comunidades cavernícolas.

Enfatiza-se, aqui, que tal proposta baseia-se em um único inventário. Desta forma, esta proposta está sujeita a modificações que por ventura se façam necessárias em decorrência de novas descobertas ao longo do monitoramento e do próprio uso da cavidade.

O plano de uso da gruta Aroê Jarí consiste basicamente na proposição de uma rota de caminhada única, na qual os turistas devam obrigatoriamente permanecer durante a

travessia da cavidade. Tal rota tem como objetivo manter os turistas sempre restritos a um mesmo caminho, evitando, desta forma, que os diferentes substratos da caverna sejam continuamente pisoteados.

Uma vez que as coleções de água da caverna praticamente não possuem organismos (com exceção da drenagem tributária que percorre um conduto do chamado salão dourado), acredita-se que seja viável a travessia da caverna por parte dos turistas. No entanto, sugere-se que nenhuma infra-estrutura seja instalada no interior da caverna, nos locais onde os turistas tiverem que cruzar os cursos d'água. A instalação de passarelas, além de dispendiosa, certamente envolveria grandes intervenções estruturais na cavidade, além de poder comprometer a própria beleza cênica da caverna. Desta forma, sugere-se que os turistas atravessem as coleções d'água com o auxílio de bóias. Tal procedimento visa evitar também que os substratos de fundo destes cursos d'água venham a ser continuamente revolvidos. Tal revolvimento e conseqüente suspensão do sedimento refinado podem vir a alterar a estrutura destes substratos, levando a uma decantação excessiva de sedimentos em certas áreas em detrimento de outras. O uso de botes infláveis ou pequenas embarcações não é recomendado em virtude da existência de trechos demasiadamente rasos. Sendo assim, tal uso certamente causaria um intenso revolvimento dos substratos de fundo em certas áreas, o que pode culminar com os problemas supracitados.

Além disso, as áreas onde foram observados adensamentos populacionais de invertebrados ou mesmo as áreas mais ricas em espécies da cavidade devem ser vetadas à visitação turística. As cheias que ocorrem na caverna certamente alteram a distribuição dos recursos alóctones importados do meio externo que se depositam no piso do salão. Desta forma, a própria distribuição dos invertebrados pode ser continuamente alterada naquela área, o que justifica a não permanência de turistas, mas somente seu trânsito.

A rota a ser utilizada durante a visita à caverna é indicada na figura 2 pelas linhas vermelhas e pretas. Tal rota foi proposta de modo a minimizar os efeitos do pisoteio sobre

as áreas mais ricas em espécies da caverna. As linhas contínuas representam trechos de caminhamento. As linhas tracejadas representam trechos nos quais será necessário o uso de bóias. Além disso, as linhas vermelhas representam trechos de “baixa velocidade de percurso”, isto é, aquelas regiões onde os turistas podem apreciar lentamente a beleza cênica da caverna. Nestas áreas os turistas podem parar, permanecer certos períodos antes de retomar o curso da visita. As linhas pretas, no entanto, indicam áreas de “alta velocidade de percurso”, nas quais os turistas devem somente transitar, evitando permanecer por muito tempo. A permanência prolongada de grupos de turistas nestas áreas pode vir a estimular a migração de muitas populações de invertebrados presentes para outras regiões da caverna, o que pode levar a uma desestruturação de toda a comunidade presente. Sendo assim, o percurso indicado pela linha preta deve ser realizado com velocidade, sem longas paradas. Mais uma vez, os turistas devem ser advertidos desta necessidade, de modo a poder optar pela realização desta visita.

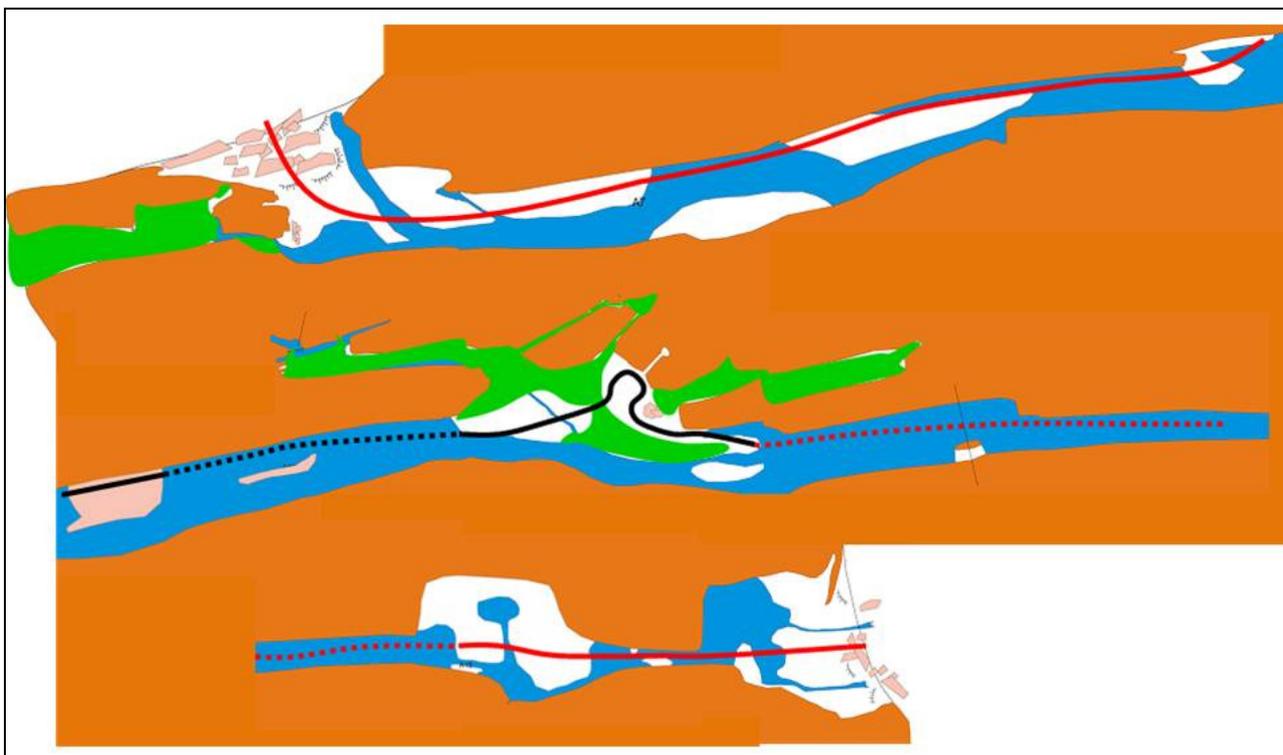


Figura 2: Mapa esquemático da gruta Aroê Jari, indicando zonas vetadas à visitação turística (indicadas pelas áreas verdes no mapa) e proposta de rota de visitação no interior da cavidade. As linhas contínuas representam trechos de caminhada. As linhas tracejadas representam trechos nos quais será necessário o uso de bóias. As linhas vermelhas representam trechos de “baixa velocidade de percurso”, enquanto as linhas pretas indicam áreas de “alta velocidade de percurso” (ver explicação no texto).

### 3.2 Gruta Kiiogo Brado

#### 3.2.1 Patrimônio Espeleológico e Impactos Ambientais

A gruta Kiiogo Brado possui consideráveis aspectos de valoração espeleológica. O valor científico é considerável, tanto pela presença de comunidades ricas, como pela existência de uma espécie de aranha troglomórfica. A pertinência ambiental é também considerável, já que existe uma drenagem que percorre todo o conduto da caverna. O valor paisagístico é bastante elevado, dadas as morfologias de grande atrativo estético, nas quais se observa nitidamente a estratificação do arenito. O valor religioso é inexistente, tendo em vista a ausência de sinais de uso para esta finalidade. Finalmente, o valor econômico é nítido, sendo esta uma das poucas cavidades presentes no complexo da Chapada dos Guimarães que exibe grande vocação para o uso turístico, como a gruta Aroê Jari.

Infelizmente não foram encontradas quaisquer menções a visitas passadas a esta cavidade. Desta forma, é virtualmente

impossível avaliar, de forma satisfatória, o estado de conservação do sistema.

A gruta Kiiogo Brado não possui alterações evidentes que denotam condição de impacto, à exceção das poucas causadas pela circulação de visitantes pela caverna, mais nitidamente observadas sobre os depósitos de guano existentes. No entanto, dada a baixa visitação da cavidade, estas alterações apresentam-se insignificantes no contexto geral do sistema. Desta forma, a caverna pode ser considerada bem preservada.

Um aspecto preocupante, e que será discutido à frente, consiste na distribuição preferencial dos recursos tróficos (e conseqüentemente da fauna) junto ao piso da cavidade. Tais recursos consistem basicamente de guano de morcegos que se acumula em alguns pontos da caverna. Com o eventual estabelecimento do turismo na cavidade, tais recursos podem passar a ser pisoteados, o que pode vir a representar um severo risco às espécies associadas, que compõem uma considerável proporção da comunidade presente na caverna. Tal condição leva à “preocupação”

com relação à contínua circulação de visitantes em quaisquer locais da cavidade.

### 3.2.2 Caracterização Ecológica da cavidade

Foi observado nesta caverna, um total de 72 morfoespécies distribuídas em pelo menos 47 famílias das ordens: Acari, Amblypygi (Phryniidae), Araneae (Amaurobiidae, Oonopidae, Pholcidae, Prodidomidae, Salticidae, Segestridae, Sicariidae, Tetragnathidae, Theridiidae, Uloboridae), Opiliones (Gonyleptidae, Cosmetidae), Pseudoscorpiones, Spirostreptida (Pseudonannolenidae), Scutigera, Coleoptera (Carabidae, Chrysomellidae, Curculionidae, Dermestidae, Elateridae, Elmidae, Nitidulidae, Scarabaeidae, Staphylinidae, Tenebrionidae), Collembola (Entomobryiidae), Diplura (Campodeidae), Diptera (Cecydomyiidae, Drosophilidae, Mycetophilidae, Phoridae, Psychodidae), Ensifera (Phalangopsidae), Heteroptera (Belostomatidae, Ligaeidae, Ploiariidae, Reduviidae, Veliidae), Hymenoptera (Apidae, Formicidae), Lepidoptera (Tineidae), Neuroptera (Myrmeleontidae), Psocoptera, Trichoptera e Turbellaria. Foi encontrada uma aranha (Arachnida: Araneae: Prodidomidae) com caracteres troglomórficos. Tal organismo (somente um indivíduo foi observado) apresentava acentuada despigmentação e anoftalmia. Além disso, merece atenção a presença de aranhas-marrons (*Loxosceles* sp.) no interior da caverna (como será discutido à frente).

Foram encontrados muitos esqueletos e crânios de morcegos da espécie *Phyllostomus astatus* (Phyllostomidae). Como o teto da caverna é muito alto não foi possível observar a presença de morcegos, mas pela grande quantidade de guano presente, acredita-se que colônias utilizem com frequência a cavidade. Foi observado, ainda, um pequeno ninho de ave no interior da caverna, indicando também o uso da cavidade para nidificação de certas espécies.

O sistema trófico desta cavidade constitui-se tanto de materiais vegetais trazidos pela água ou vento quanto de guano de morcegos, em especial de dieta insetívora. Os materiais vegetais trazidos pela água ocorrem em pequena quantidade, uma vez que a porção à

montante da drenagem percorre um trecho subterrâneo antes de penetrar na caverna. Desta forma, o pequeno riacho surge somente no interior da gruta, tendo percorrido uma considerável extensão sem estar recebendo contribuição orgânica particulada. Sendo assim, os poucos restos orgânicos observados no riacho aparentemente constituem-se de materiais trazidos pelo vento e que se depositaram no curso d'água.

No sistema terrestre, por outro lado, o recurso principal compreende grandes depósitos de guano de morcegos, em especial insetívoros. Tais depósitos se localizam em diferentes pontos da caverna, embora estejam concentrados a partir da porção mediana da caverna em direção à entrada que representa a ressurgência da drenagem. Estes depósitos abrigam uma grande diversidade de invertebrados, que aparentemente se alimentam diretamente do guano. Além disso, existem espécies predadoras associadas aos depósitos, se alimentando das espécies detritívoras existentes. Como já mencionado anteriormente, é clara a “preocupação” com relação ao estabelecimento do turismo nesta cavidade de forma não ordenada. Caso o turismo venha a ser implementado, os visitantes não deverão ter total liberdade de circulação pela caverna, pois o contínuo pisoteio do guano certamente pode levar a uma expressiva redução da diversidade desta caverna.

### 3.2.3 Proposta de manejo biológico para a cavidade

O plano proposto para a cavidade, de forma semelhante ao proposto para a gruta Aroê Jarí, também consiste de um plano de uso, que define áreas e condutas que visem minimizar os efeitos da visitação turística sobre as comunidades cavernícolas.

A principal preocupação referente ao uso turístico da cavidade diz respeito à situação de pisoteio intenso que esta visitação pode desencadear na caverna. Desta forma, sugere-se proposição de uma rota de caminhamento única, na qual o turista deva obrigatoriamente permanecer durante a travessia da cavidade. Tal rota tem como objetivo manter os turistas sempre restritos a um mesmo caminho, evitando, desta forma, que os diferentes substratos da caverna sejam continuamente

pisoteados. Além disso, como existem porções da caverna nas quais o piso é completamente revestido de guano, torna-se necessária a construção de pequenas passarelas por sobre estes depósitos. Tais passarelas têm como objetivo evitar que os turistas pisem diretamente sobre o guano, o que certamente levaria à morte inúmeros invertebrados associados a estes recursos. Como tais depósitos podem continuar sendo produzidos por colônias de morcegos que por ventura se instalem na caverna, é importante que todo o guano eventualmente depositado sobre as passarelas seja periodicamente removido e acrescentado aos depósitos adjacentes, presente no piso da caverna.

Sugere-se, ainda, que os grupos de visitantes sejam compostos por poucas pessoas, pelo menos em um primeiro momento. Como esta cavidade nunca foi utilizada com a finalidade turística, é importante que esta atividade seja implementada de forma lenta e gradual. O progressivo aumento no número de pessoas por grupo deve ser eventualmente realizado mediante a detecção das alterações exibidas pelas comunidades da caverna após o início das visitas. Tais alterações deverão ser evidenciadas durante os monitoramentos de fauna.

### **3.3 Gruta Lago Azul**

#### **3.3.1 Patrimônio Espeleológico e Impactos Ambientais**

A gruta do Lago Azul possui alguns aspectos de valoração espeleológica. O valor científico é aparentemente reduzido, uma vez que as comunidades bióticas apresentam-se pobres em espécies, além do fato de não terem sido evidenciadas espécies troglomórficas. A pertinência ambiental é considerável, tendo em vista a existência de uma drenagem que percorre toda a caverna. O valor paisagístico é bastante elevado, dada a existência de morfologias de grande atrativo estético, além do lago de águas transparentes e azuladas. O valor religioso é inexistente, tendo em vista a ausência de sinais de uso para esta finalidade. Finalmente, o valor econômico é nítido, dada a grande vocação para o uso turístico, como nas grutas Aroê Jarí e Kiogo Brado.

A gruta Lago Azul não possui alterações evidentes que denotam condição de impacto, à exceção da área logo abaixo da entrada, modificada para a permanência de turistas. Embora a água seja bastante límpida, quase não foram observados organismos, como será mencionado à frente.

Mesmo a cavidade aparentando um bom estado de conservação, merece menção um trecho retirado do depoimento de José Paulino dos Santos relatando uma visita à caverna em 1978:

*(...) andamos até chegarmos na Lagoa Azul, que naquela época era diferente, não tinha aquela pedra que tem hoje na entrada no chão era mais espaçosa e a água era limpinha, e depois acho que deu um trovão, um estalo e caiu tudo ficando como está hoje, e o pessoal que vai sem guia acaba sujando, usando sabão e até lavam a roupa na água da Lagoa. E hoje quando chove leva a sujeira (o carvão e o lixo deixado) para dentro, sujando a água.”*

Tal descrição denota um passado de ocupação e uso desordenado desta cavidade. A baixa riqueza de espécies encontrada pode ser eventualmente reflexo das “agressões” sofridas pela caverna há algumas décadas. No entanto, não há como afirmar que as eventuais alterações ocorrentes no passado possam ter causado a condição de baixa diversidade atualmente observada na caverna.

Tendo em vista o anteriormente exposto, pode-se considerar que não há como se avaliar os eventuais impactos presentes, uma vez que se desconhece por completo o passado biológico desta cavidade.

#### **3.3.2 Caracterização Ecológica da cavidade**

Foi observado nesta caverna, um total de 8 morfoespécies distribuídas em 8 famílias das ordens: Aranae (Pholcidae, Trechaleidae, Uloboridae), Coleoptera (Dytiscidae), Diptera (Chironomidae, Psychodidae) e Heteroptera (Notonectidae, Veliidae). Além dos invertebrados, foram observados girinos (Amphibia: Anura), capturados por duas das armadilhas submersas. Não foram encontradas quaisquer espécies que possuam caracteres troglomórficos.

Foram observados, ainda, raros morcegos voando nas porções mais interiores da caverna. Como permaneceram todo o tempo em vôo, não foi possível realizar qualquer tipo de identificação.

A gruta do Lago Azul consiste de um conduto totalmente inundado, sendo que somente a porção próxima à maior entrada da cavidade apresenta-se emersa. O fundo da lagoa possui alguns restos vegetais em decomposição, embora boa parte do piso de fundo seja arenoso. Tais recursos orgânicos de origem vegetal são aparentemente veiculados pelo vento ou trazidos por enxurradas que drenam para o interior da caverna em momentos de chuvas fortes. A quantidade de material acumulado, no entanto é reduzida.

Acredita-se que as características químicas da água, associadas à baixa disponibilidade de recursos sejam responsáveis pela baixa riqueza de invertebrados observada na caverna. Além disso, o sistema não pode ser caracterizado com um sistema cavernícola “típico”, uma vez que o grau de interferência do sistema epígeo sobre a cavidade é intenso, dada a grande extensão da maior entrada associada ao pequeno desenvolvimento linear da caverna.

### **3.3.3 Proposta de manejo biológico para a cavidade**

Novamente, o plano proposto para a cavidade também consiste de um plano de uso, que define áreas e condutas que visem minimizar os efeitos da visitação turística sobre as comunidades cavernícolas.

Uma vez que não existem aparentemente quaisquer limitações biológicas para o uso da cavidade, dada a não visualização de espécies troglomórficas ou raras, a cavidade pode ser utilizada com finalidade turística. Entretanto, tal utilização deve ser balizada por certas restrições.

A principal atração desta cavidade certamente é o lago de grande beleza cênica presente em toda sua extensão. Tal lago certamente desperta desejo nos visitantes em utilizá-lo para banhos. Tais banhos devem ser severamente controlados, no intuito de se evitar a entrada de grupos muito numerosos em seu interior. Além disso, o uso de quaisquer produtos químicos (protetores solares,

repelentes de insetos, etc.) deve ser vetado. Recomendam-se grupos reduzidos de banhistas por visita. Além disso, os visitantes devem permanecer pouco tempo no interior do lago, em regiões restritas, de pequena área, evitando que o banho possa causar perturbações na fauna presente no sistema.

Finalmente, deve-se evitar a construção de quaisquer estruturas na zona de entrada da caverna. A exposição ou revolvimento excessivo do solo naquela área pode vir a gerar processos erosivos que conseqüentemente podem vir a causar um assoreamento da drenagem da cavidade.

## **4 DISCUSSÃO**

Estudos acerca de comunidades presentes em cavernas areníticas no Brasil são raros. Além disso, na escassa literatura existente, percebe-se que foram realizados levantamentos faunísticos sistematizados em apenas algumas cavernas areníticas nos estados de Amazônia, Ceará, Minas Gerais, Pará, São Paulo e Rio Grande do Sul (Trajano, 1987; Trajano & Moreira, 1991; Zeppelini *et al.*, 2003; Souza-Silva, 2008). Gnaspini-Netto (1989) apesar de ter realizado coletas nas Cavernas Maroaga (AM) e Kiogo Brado (MT), limitou-se aos invertebrados associados aos depósitos de guano de morcegos presentes nestes sistemas. Na caverna Kiogo Brado (MT) foram coletadas seis espécies associadas ao guano de morcegos insetívoros. No presente trabalho, mesmo 20 anos após a visita de Gnaspini-Netto (1989) à caverna, o guano de morcegos ainda permanece presente no sistema. Entretanto, a maior parte do depósito se encontra com uma textura pulverulenta e ressecada, mas mesmo assim foram coletadas 8 espécies de invertebrados associados a este depósito. Alguns grupos, como Dermestidae, Tineidae e Uropodidae, que já haviam sido observados por Gnaspini-Netto (1989) também foram encontrados neste trabalho.

A fauna presente nas cavernas areníticas Kiogo Brado, Aroê Jari e Lago Azul apresentam grupos taxonômicos recorrentes a outros sistemas, tais como as cavernas estudadas por Ferreira (2005), Souza-Silva (2008), e como observado por Pinto-da-Rocha (1994). Dentre os grupos que foram comuns a estes estudos

podemos citar organismos das famílias Pholcidae (*Mesabolivar* sp.), Araneidae (*Alpaida* sp.), Ctenidae (*Enoploctenus* sp.), Ensifera (*Eidmanacris* sp.), Reduviidae (*Zelurus* sp.) e Pseudonannolenidae (*Pseudonannolene* sp.), dentre outros. Estes grupos possuem características que os tornam frequentes em sistemas subterrâneos, tais como ampla distribuição geográfica no meio epígeo e, principalmente, pré-adaptações ao meio cavernícola.

Mesmo com a existência de grupos taxômicos recorrentes em outras cavernas brasileiras, as cavidades areníticas da Chapada dos Guimarães constituem sistemas com características peculiares. Dentre estas, destaca-se a elevada riqueza de espécies presente nas cavernas Kiogo Brado e Aroê Jari. Estas cavernas apresentaram uma riqueza consideravelmente maior quando comparadas a outros sistemas subterrâneos areníticos no Brasil, tais como aqueles estudados por Trajano (1987), Trajano & Moreira (1991), Zeppelini *et al.* (2003) e Souza-Silva (2008).

A comparação entre a composição de espécies dos sistemas hipógeos da Chapada dos Guimarães com aqueles estudados por Trajano (1987), Trajano & Moreira (1991) Zeppelini *et al.* (2003) se torna pouco viável, devido às diferentes metodologias empregadas por estes pesquisadores em relação à empregada no presente trabalho. A problemática referente às discordâncias metodológicas utilizadas em levantamentos bioespeleológicos no Brasil já foi apontada por Ferreira (2005) e Souza-Silva (2008). Desta forma, as comparações entre sistemas subterrâneos devem ser feitas preferencialmente entre estudos que utilizaram o mesmo método de amostragem. O método empregado neste estudo, infelizmente, foi até hoje utilizado em poucos trabalhos. Entretanto, Souza-Silva (2008) amostrou cavernas areníticas em Altinópolis (SP - 4 cavernas), Dom Pedro Alcântara (RS - 1 caverna), Sacramento (MG - 1 caverna) e Arajara (CE - 1 caverna) empregando o mesmo método utilizado neste trabalho.

As cavernas areníticas que apresentaram maior riqueza de espécies no levantamento feito por Souza-Silva (2008) foram as Grutas do Itambé com 59 espécies (Altinópolis-SP), Olho de Cabra com 58 espécies (Altinópolis-SP) e da

Fonte Samuel com 57 espécies (São Sebastião do Paraíso-MG). Todas estas cavernas apresentaram um número bastante inferior àqueles encontrados em Kiogo Brado (72 spp) e, principalmente, na caverna Aroê Jari (139 spp). A elevada riqueza de espécies encontradas nas cavernas da Chapada dos Guimarães reside no fato destes sistemas apresentarem uma grande variedade de recursos (e.g. guano e matéria orgânica vegetal), que acessam continuamente o sistema hipógeo, sendo levados por cursos d'água e também por agentes biológicos (e.g. morcegos). Além disso, a Caverna Aroê Jari é um sistema com dimensões muito amplas e que apresenta um substrato de piso bastante heterogêneo (e.g. areia, blocos abatidos, substrato rochoso), o que favorece a presença uma série de diferentes biótopos potencialmente colonizáveis por diferentes espécies. A presença de variados tipos de recursos (além de diferentes locais para o estabelecimento de espécies), é apontada por Ferreira (2004) como um dos principais fatores que influenciam a riqueza de espécies em cavernas. Vale salientar que em sistemas areníticos a presença de agentes que atuam continuamente carreando recurso para dentro das cavernas tem grande importância. Sistemas hipógeos areníticos possuem substratos (chão e paredes) com características ácidas, o que pode levar a uma rápida remoção do recurso alimentar presente. Desta forma, a existência de mecanismos que atuem na contínua reposição de matéria orgânica para o sistema é fundamental para a manutenção das populações associadas a estes ambientes.

A elevada riqueza de espécies encontrada na Gruta Aroê Jari é pouco comum em sistemas subterrâneos brasileiros. Situações semelhantes só ocorreram em poucas cavidades inseridas em rochas calcárias que possuem pelo menos algumas destas características: grande extensão linear, grande diversidade e/ou quantidade de recursos, elevada diversidade de substratos de piso. Cavernas que possuem este perfil compreendem a lapa Nova de Maquiné (170 sp.), Gruta Taboa (150 sp.), Gruta Salitre (130 sp.), e Lapão de Santa Luzia (107 sp.) (Ferreira, 2004; Souza-Silva, 2008). O único caso de uma caverna que apresenta uma situação totalmente atípica, com uma riqueza de espécies muito acima da anteriormente citada, é

o da Gruta do Janelão (Januária/Itacarambi, MG), onde foram coletados 275 espécies somente afótica da caverna. Esta caverna apresenta uma estrutura (quantidade de recursos e microhabitat, além da extensão) totalmente atípica, comparável somente a outras cavidades colossais como a gruta dos Brejões (Morro do Chapéu, BA)(Ferreira 2004). Dessa forma, a elevada riqueza de espécies encontrada na Gruta Aroê Jari, (a princípio, uma situação pouco comum), torna este sistema um local de extrema relevância, que deve ser preservado, e onde o turismo deve ser manejado com cautela, para que não venha a causar grandes impactos na comunidade presente neste local.

Um inventário biológico conduzido de forma correta é primeiro passo para que se realize um manejo biológico adequado em um sistema subterrâneo. Nestes inventários é importante que seja feito um mapa que represente a distribuição da fauna presente nas cavernas, onde conste a posição, a abundância e a riqueza de espécies, além de uma descrição detalhada dos recursos orgânicos presentes. A elaboração destes mapas se torna essencial quando se tem a intenção de determinar áreas livres ou interditadas ao turismo, ou seja, quando se deseja adequar rotas que devem ser percorridas pelos visitantes que acessam os sistemas subterrâneos.

Parâmetros como riqueza de espécies, abundância e presença de espécies raras ainda são pouco utilizados para a delimitação do uso turístico em cavidades subterrâneas, sendo uma discussão ainda incipiente no Brasil. Dentre os poucos trabalhos existentes que utilizam estes parâmetros para o estudo de viabilidade de turismo em cavernas pode-se citar Sesssegolo e colaboradores (2004a) e Sesssegolo e colaboradores (2004b), que propuseram o zoneamento e o uso da Caverna Maroaga e das Grutas Botuverá I e II. Entretanto, nestes trabalhos, não é apresentado de forma detalhada o método utilizado que resultou na elaboração do manejo dos sistemas. Além disso, nos trabalhos anteriormente citados, são apresentadas apenas zonas de interdição ou abertas ao turismo, não tendo sido feita a delimitação de uma rota a ser percorrida pelo visitante. A definição de rotas é essencial ao manejo biológico de cavernas, para evitar que o pisoteamento excessivo decorrente do turismo

seja uma ação que possa acentuar o impacto incidente sobre as comunidades presentes.

Outro estudo que teve como um de seus objetivos a proposição de manejo biológico de cavidades foi realizado por Ferreira (2004) nas Grutas da Lapinha (Lagoa Santa-MG), Maquiné (Codisburgo-MG) e Santo Antônio (Itumirim-MG). Neste estudo Ferreira (2004) apresenta de maneira detalhada o método utilizado, bem como a proposta de manejo apresentada para estas cavidades. A proposta de manejo para cada um desses sistemas é única, sendo realizados de acordo com as necessidades, objetivos e características encontradas em cada uma das comunidades biológicas presentes em cada caverna. Entretanto, da mesma forma como foi feito nos trabalhos realizados por Sesssegolo e colaboradores (2004a,b), Ferreira (2004) não apresenta uma rota a ser percorrida pelos turistas, e sim zonas de interdição isentas de visitação. Entretanto, mesmo que os estudos anteriormente citados apresentem algumas deficiências, como a ausência de uma rota para o turismo, ou a omissão de alguns passos utilizados para a elaboração do manejo, eles são pioneiros na construção e no questionamento sobre o manejo biológico de cavernas turísticas no Brasil.

O manejo de comunidades cavernícolas ainda é um assunto emergente no contexto espeleológico brasileiro, e deve ser discutido com cautela devido à escassez de trabalhos na área. Questões como: qual a perda da diversidade em uma comunidade após a implementação do turismo, ou então, qual a capacidade de carga de um dado sistema biológico, ainda estão muito longe de serem respondidas. Desta forma, o que pode ser feito para minimizar o impacto incidente sobre as comunidades cavernícolas é elaboração de planos de manejo específicos, adequados às peculiaridades de cada sistema. Além disso, é essencial que as comunidades sejam monitoradas após qualquer intervenção de manejo, como já apontado por Ferreira (2004). Somente por meio do monitoramento é possível determinar se o manejo levou aos resultados esperados. Entretanto, esta etapa quase nunca é realizada, por não ser uma imposição dos órgãos fiscalizadores.

Ressalta-se que os métodos propostos para a determinação da capacidade de carga em

cavernas, muitas vezes utilizados para minimizar o impacto sobre o meio físico, não são válidos para os sistemas biológicos. A proposta da capacidade de carga de turistas que um dado sistema biológico pode suportar, sofrendo o mínimo impacto, só pode ser feita após a realização de estudos experimentais, o que ainda não foi feito em sistemas subterrâneos brasileiros. Assim, alguns autores têm negligenciado as alterações sofridas pelas comunidades biológicas, e vêm elaborando estudos de capacidade de carga que não levam em consideração premissas biológicas básicas sobre a um ecossistema. Lobo (2008), propôs ações de manejo que incorporam capacidade de carga para a caverna Santana (Iporanga-SP) sem que existam quaisquer informações sobre o comportamento das comunidades biológicas frente aos impactos decorrentes do turismo. Já Sessegolo e colaboradores (2004a) utilizaram parâmetros de variação de características físicas locais para a elaboração da capacidade de carga. No entanto, tais autores não demonstraram como a variação destes fatores pode levar à alterações nas comunidades bióticas. Desta forma, o simples monitoramento de parâmetros de características físicas não deve ser considerado como determinante da capacidade de carga em cavernas, caso estas variações não sejam efetivamente associadas às respostas das comunidades biológicas frente a estas variações.

A proposição da capacidade de carga para a caverna Santana (Lobo, 2008), apesar de ter sido elaborada a partir de concepções válidas considerando-se apenas o sistema físico, não é válida para o sistema biológico presente na caverna. As comunidades biológicas não apresentam a mesma resistência ao pisoteamento que uma rocha, e não possuem a mesma capacidade de retorno à sua condição original comparadas ao solo, quando removido de seu local de origem. As comunidades biológicas têm um comportamento próprio, dependente das espécies que a compõe, de como estão estruturadas, dentre inúmeros outros fatores. Assim, tendem a apresentar uma tolerância ao turismo bastante distinta daquela observada para o meio físico das cavernas. Historicamente, os organismos troglóbios vêm sendo considerados frágeis (Trajano, 1986) e, partindo desta premissa, seriam as primeiras populações a sofrerem com os impactos

impostos a um sistema subterrâneo (como os decorrentes do turismo). Entretanto, Ferreira (2004) ao estudar durante dois anos o ecossistema da Lapa Nova de Maquiné, observou que as populações de espécies troglóbias distribuem-se preferencialmente nas áreas turísticas, estando convivendo com o turismo há mais de 40 anos. No entanto, como não há registros históricos da fauna antes da implantação do turismo, não se pode afirmar que estas populações não estejam declinando ao longo dos anos. Situações como estas levantam mais questionamentos a respeito de qual é a real fragilidade das comunidades subterrâneas, bem como qual seria a quantidade numérica de turistas que comunidades biológicas poderiam suportar em cada sistema sem grandes alterações em sua riqueza, diversidade e estrutura.

Da mesma forma que os conceitos de capacidade de carga não são válidos para a delimitação de algumas ações de manejo biológico, outras premissas básicas utilizadas para o meio físico devem ser tratadas com cautela quando se consideram aspectos biológicos das cavernas. A proposta apresentada por Signa & Burri (2000) e que vem sendo largamente utilizada para a definição da capacidade de carga de cavernas é bastante conflitante quando comparada às ações de manejo que vêm sendo propostas para os sistemas biológicos (Ferreira, 2004). Segundo Signa & Burri (2000) locais de alta circulação de energia são menos susceptíveis aos impactos decorrentes da circulação de visitantes, devendo, pois, serem priorizados na proposição das rotas ou locais de visitação turística. Locais como condutos com riachos subterrâneos seriam interessantes, pois a ação cíclica do curso d'água remodelaria os substratos de piso, "apagando" as marcas deixadas pelos visitantes. De forma contrária, locais com baixa circulação de energia seriam mais frágeis, podendo ser mais impactados por estas atividades. No entanto, ao observarmos a caverna Aroê Jarí, percebe-se claramente que um dos locais onde existe maior circulação de energia compreende um pequeno curso de água que acessa a cavidade por meio de uma clarabóia. Neste local, foi observada a maior riqueza e abundância de espécies na caverna, espécies estas atraídas para a área em função da

importação de recursos orgânicos por meio do riacho. Sua energia, neste caso, assegura a contínua veiculação de alimento para a fauna subterrânea. A maioria das cavernas que possui cursos d'água ativos tende a possuir uma concentração de espécies nas imediações destes riachos. Tais espécies são atraídas pelos recursos tróficos trazidos pela água. Nesta perspectiva, tais locais devem ser evitados durante o estabelecimento do uso turístico, já que a visitação pode vir a impactar severamente muitas populações que habitam preferencialmente estas áreas. Assim, a proposta de Cigna & Burri (2000) definitivamente não é adequada à definição de roteiros de circulação de visitantes em cavernas (bem como à proposição da capacidade de carga), pois desconsidera um fator essencial no contexto biológico. Desta forma, manejos que sigam esta proposta podem causar severos prejuízos às comunidades subterrâneas em uma dada caverna.

Estudos sobre manejo biológico em sistemas subterrâneos ainda são incipientes, apresentando muitas lacunas que devem ser preenchidas e respondidas através da intensificação de pesquisas na área. As escassas informações existentes sobre a fauna cavernícola brasileira faz com que todo manejo biológico deva ser implementado em caráter experimental, é que um rigoroso monitoramento da fauna esteja sempre vinculado a qualquer tipo de ação.

## AGRADECIMENTOS

Nilson e Márcia pela hospitalidade e auxílio durante o desenvolvimento deste trabalho. Ao Sr. Carlos pelo auxílio financeiro, e a SBE (Sociedade Brasileira de Espeleologia) pelo suporte técnico para a realização da viagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARR, T. C. & KUEHNE, R. A. Ecological studies in the Mammoth Cave ecosystems of Kentucky. II. The ecosystem. *Annales de Spéléologie*, v. 26, p. 47-96, 1971.

BORGHI, L. & MOREIRA, M. C. M. Caverna Aroê Jari, Chapada dos Guimarães, MT: Raro exemplo de caverna em arenito. Disponível em:

<http://www.unb.br/ig/sigep/sitio030/sitio030.pdf>. Acesso em: 21 de agosto de 2009.

CIGNA, A. A. & BURRI, E. Development, Management and Economy of Show Caves. *International Journal of Speleology*, Bologna, v. 29, n.1, p. 1-27, 2000.

CULVER, D. C. *Cave Life: Evolution and Ecology*. Massachusetts and London: Harvard University Press. Cambridge. 1982. p. 189.

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*, v. 9, n. 2, 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 Distributions*, v. 4, p. 235-241, 1998.

FERREIRA R. L. *A medida da complexidade ecológica e suas aplicações na conservação e manejo de ecossistemas subterrâneos*. 2004. 158p. Tese de doutorado em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais Belo Horizonte, 2008.

FERREIRA, R. L. 2005. A vida subterrânea nos campos ferruginosos. *O Carste*. 3(17):106-115.

GILBERT, J.; DANIELPOL, D. L. & STANFORD, J. A. 1994. *Groundwater Ecology*. San Diego: Academic Press Limited, 1994. p. 571.

GNASPINI, P. Análise comparativa da fauna associada a depósitos de guano de morcegos cavernícolas no Brasil. Primeira aproximação. *Revista Brasileira de Entomologia*, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 183-192, 1989.

HOLSINGER, R. & CULVER, D. C. The Invertebrate Cave Fauna of Virginia and a Part of Eastern Tennessee: Zoogeography and Ecology. *Brimleyana*, v. 14, p. 1-162, 1988.

LOBO, H. A. S. Capacidade de carga real (CCR) da Caverna Santana, Parque estadual

- Turítico do Alto Ribeira (PETAR) – SP, e indicações para o seu manejo turístico. *Geociências*, v. 27, n. 3, p. 369-385, 2008
- PINTO-DA-ROCHA, R. Sinopse da fauna cavernícola do Brasil (1907 - 1994). *Papéis Avulsos de Zoologia*, v. 39, n. 6, p. 61-163, 1995.
- POUSON, T. L. & WHITE, W. B. The cave environment. *Science*, v. 165, p. 971-981, 1969.
- RIZZINI, C. T. *Tratado de Fitogeografia do Brasil: Aspectos, ecológicos, sociológicos e florísticos*. 2ª edição. Rio de Janeiro. Ambito Cultural Edições. 1997.
- SBE (Sociedade Brasileira de Espeleologia). *Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil*. Disponível em: [http://www.sbe.com.br/cnc\\_consulta.asp](http://www.sbe.com.br/cnc_consulta.asp). Acesso em: 21 de agosto de 2009.
- (a)SESSEGOLO, G. C.; OLIVEIRA, K.; PRIES, D. C.; ROCHA, L. F. S. & ZAKRZEWSKI, D. P. Síntese do plano de manejo do Parque Natural Municipal das Grutas de Botuverá, estado de Santa Catarina. *IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação*. Anais, Volume I (Trabalhos técnicos), p. 446-453, 2004
- (b)SESSEGOLO, G. C.; PRIES, D. C.; ROCHA, L. F. S.; PINTO-DA-ROCHA, R. & ZAKRZEWSKI, D. P. Manejo da Caverna Maroaga, Presidente Figueiredo/AM. *IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação*. Anais, Volume I (Trabalhos técnicos), p. 399-405, 2004
- SOUZA-SILVA, M. *Dinâmica de disponibilidade de recursos alimentares em uma caverna calcária*. 2003. 76 p. Dissertação de mestrado em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais Belo Horizonte, 2003.
- SOUZA-SILVA, M.; FERREIRA R. L.; BERNARDI L. F. O. & MARTINS R. P. Importation and processing of organic detritus in limestone cave. *Espeleo-Tema*. v. 19, p. 31-46, 2007.
- SOUZA-SILVA M. *Ecologia e conservação das comunidades de invertebrados cavernícolas na Mata Atlântica Brasileira*. 2008. 224p. Tese de doutorado em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais Belo Horizonte, 2008.
- TRAJANO, E. Vulnerabilidade dos troglóbios à perturbações ambientais. *Espeleo-Tema*, n.15, p.19-24, 1986.
- TRAJANO, E. Fauna cavernícola brasileira: composição e caracterização preliminar. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 3, n. 8, p. 533-561, 1987.
- TRAJANO, E. & MOREIRA, J. R. A. Estudo da fauna de cavernas da província espeleológica arenítica Altamira-Itaituba, Pará. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 51 n. 1, 13-29, 1991.
- ZEPPELINI, D. ; RIBEIRO, A. C. ; RIBEIRO, G. C. ; FRACASSO, M. P. A. ; PAVANI, M. M. ; OLIVEIRA, O. M. P.; OLIVEIRA, S. A. & MARQUES, A. C. Faunistic survey of the sandstone caves from Altinópolis region, São Paulo State, Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia* (São Paulo), Brasil, v. 43, n. 5, p. 93-99, 2003.

---

<sup>1</sup> Departamento de Biologia / Setor de Zoologia – Universidade Federal de Lavras. CP.3037, Lavras, MG, Brasil; e-mail: dorps@ufla.br

<sup>2</sup>Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, bolsista CAPES, e-mail: leopoldobernardi@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Centro Universitário de Lavras (UNILAVRAS), e-mail: marconisouza@unilavras.edu.br.