

A vida subterrânea nos campos ferruginosos

Rodrigo Lopes Ferreira

Grupo de Estudos Bioespeleológicos ICB/UFMG
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Escola Superior de Biologia e Meio Ambiente (Iguatama, MG)
drops@icb.ufmg.br

This is one of the first studies to deal with the fauna associated with caves formed in iron ore. These caves have been previously regarded as being of little biological significance. This study, performed in thirteen caves located mostly in the "Quadrilátero Ferrífero" ("Iron Quadrangle" iron-rich area of central state of Minas Gerais), shows that these caves contain a remarkably rich and complex ecosystem.

The highly diverse fauna is described together with information on the peculiar underground environment. The paper ends with a cautionary note, stressing that cave fauna inventories made so far in Brazil may lack the necessary level of detail required to accurately portray cave biodiversity.

Este trabalho é um dos primeiros estudos relacionados à fauna em cavernas em minério de ferro. Este tipo de caverna era anteriormente considerado como pouco interessante do ponto de vista biológico. Este estudo, realizado em treze cavernas, a maior parte localizada no Quadrilátero Ferrífero, centro do estado de Minas Gerais, demonstra que estas grutas possuem um rico e complexo ecossistema. A fauna, que apresenta grande diversidade, é descrita, sendo também apresentadas informações sobre o interessante ambiente subterrâneo associado a estas cavernas. O trabalho é encerrado com a ressalva de que a maior parte

dos inventários bioespeleológicos realizados no Brasil carecem de detalhe, não representando de forma fiel a biodiversidade associada às cavernas.

O potencial espeleológico brasileiro é indiscutível. Estima-se que possam existir mais de 100.000 cavernas em todo o País, das quais pouco mais de 3.000 encontram-se cadastradas (Auler *et al.*, 2001). Destas, apenas uma parte (cerca de 500 cavernas) já foi inventariada biologicamente. Além disso, estudos biológicos ou ecológicos mais detalhados foram realizados em uma quantidade bem menor de cavernas. É válido mencionar também que inventários contribuem para o conhecimento biológico, mas a compreensão das estruturas das comunidades e mesmo dos processos ocorrentes nos ambientes cavernícolas (decomposição e importação de recursos, dentre outros) é de fundamental importância para o real conhecimento dos ecossistemas subterrâneos brasileiros. Infelizmente, estudos que elucidam estruturas e processos em cavernas são muito raros no País (Souza-Silva, 2003). Tal cenário demonstra claramente que ainda nos encontramos muito mais próximos da ignorância do que da sapiência no que concerne à biologia das cavernas brasileiras.

Os estudos biológicos em cavernas do Brasil se concentram em cavidades carbonáticas, embora existam cavernas associadas a diversas litologias no País.

Poucos estudos abrangem outros sistemas como quartzitos, arenitos e granitos (Trajano & Moreira, 1991; Zeppelini-Filho *et al.* 2003; Ferreira, 2004).

Cavernas associadas a campos ferruginosos foram, até pouco tempo, "ignoradas" em estudos bioespeleológicos. Embora se soubesse da existência de algumas destas cavidades, suas dimensões, em geral reduzidas, levavam a uma interpretação (errônea) de que elas pudessem ser pouco diversas biologicamente. Desta forma, havia um desinteresse generalizado sobre a fauna que poderia associar-se a cavernas presentes em campos ferruginosos.

Recentes estudos desenvolvidos em algumas cavernas de minério de ferro têm revelado, ao contrário do que se poderia imaginar, comunidades extremamente complexas vivendo sob condições bastante peculiares. Nestas comunidades, têm sido encontradas muitas espécies troglomórficas, que evoluíram nestes sistemas. Tais estudos têm mostrado que cavernas ferruginosas apresentam-se como ambientes variáveis, mas com elevado potencial ao estabelecimento de comunidades biológicas.

Treze cavidades foram inventariadas até o presente momento: sete no município de Nova Lima (MG), uma no município de Brumadinho (MG), três no município de Belo Horizonte (MG), uma no município de Ouro Preto (MG) e uma no município de Palmas (TO).

Os dados obtidos nesses inventários, embora ainda preliminares, já permitem algumas inferências acerca do funcionamento destes ecossistemas, além de já revelarem a surpreendente diversidade biológica das cavernas ferruginosas.

Características gerais de ecossistemas subterrâneos ferruginosos

Os sistemas subterrâneos ferruginosos mostram consideráveis variações em condições estruturais e mesmo funcionais. Mesmo assim, é perceptível a existência de certas características bastante peculiares a estes sistemas.

Uma das principais características dos sistemas subterrâneos associados a campos ferruginosos é a existência de grande quantidade de canaliculos que conformam uma extensa rede de espaços intersticiais (meso e microcavernas) conectados às macrocavernas. Tais características não são exclusivas de sistemas subterrâneos ferruginosos, podendo ocorrer também em diferentes litologias, como em tubos de lava (Oromi & Izquierdo, 1994, Howarth, 2001). Tais espaços são utilizados por inúmeros organismos que transitam desde a superfície (provenientes de habitats lapidícolas) até regiões mais interiores, eventualmente conectadas a macrocavernas.

Além disso, merece ser citada a aparente "superficialidade" das cavernas ferruginosas. Como grande parte destas cavidades desenvolve-se na canga, muitas se apresentam como espaços subterrâneos relativamente superficiais. Tal condição, associada à presença dos canaliculos, possibilita um trânsito mais freqüente de elementos de

fauna entre sistemas epígeo (serrapilheira ou habitats lapidícolas) e hipógeo. Tal fato é perceptível quando se observa a considerável variação em composição de espécies nas comunidades destas cavernas ao longo do tempo.

Caso o intercâmbio de fauna ocorresse exclusivamente pelas entradas, poderia se esperar uma maior variação em composição de espécies nas imediações de entradas. No entanto, nas cavernas ferruginosas, existe substituição de espécies (mesmo em organismos de baixa mobilidade) em áreas mais profundas das cavidades, indicando um eventual intercâmbio via canaliculos.

É válido lembrar que estes canaliculos provavelmente promovem migrações de fauna entre cavidades próximas, contribuindo assim para a manutenção da diversidade de cada área.

Topoclima

Embora essas cavidades possuam, em geral, reduzida extensão, suas características topodimáticas se assemelham às de outras cavidades. De forma geral, existe a tendência de aumento da estabilidade térmica e hídrica em regiões mais distantes de entradas. Desta forma, mesmo nas estações secas as áreas mais internas dessas cavernas mostram considerável umidade (em geral, acima de 80%). Exceções ocorrem em cavidades muito pequenas com muitas entradas, que apresentam, desta forma, elevado controle externo sobre a atmosfera cavernícola.

As temperaturas também mostram padrões de razoável estabilidade, ocorrendo variações de baixas amplitudes em áreas mais distantes de entradas (assim como da umidade). A figura 1 ilustra as

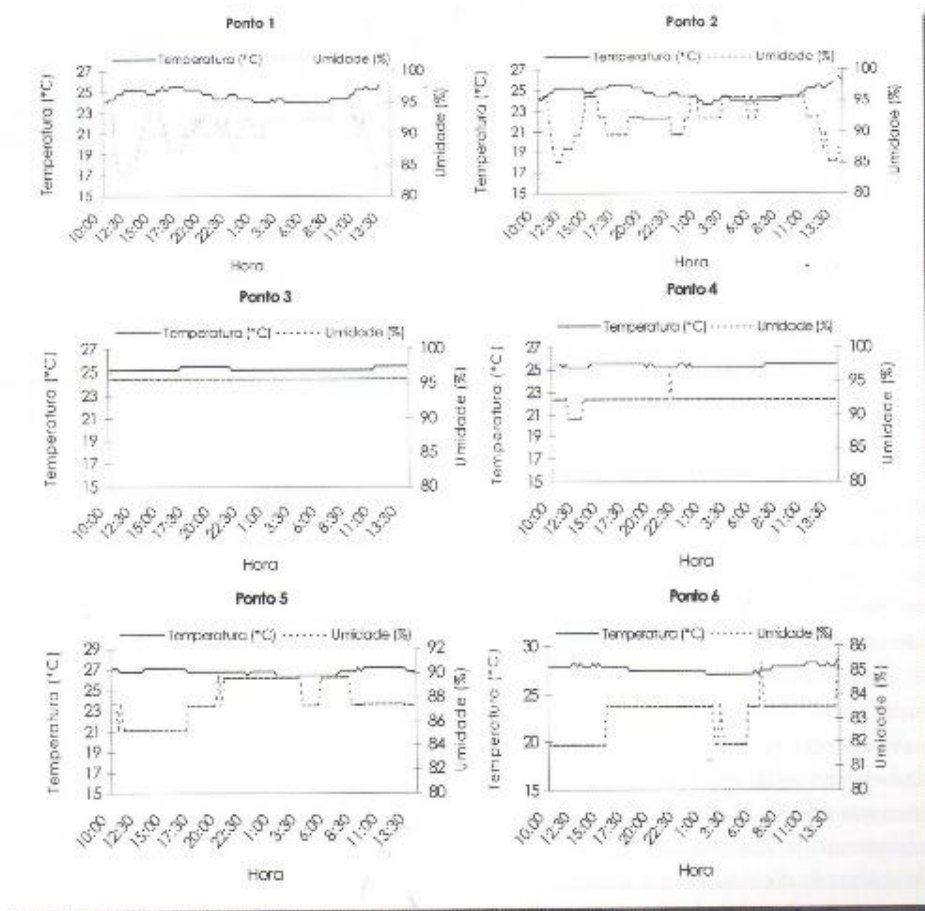


Figura 1. Variação térmica e hídrica em diferentes pontos no interior da gruta da Boa Esperança (Palmas, TO). Os pontos são indicados no mapa da cavidade (Figura 2).

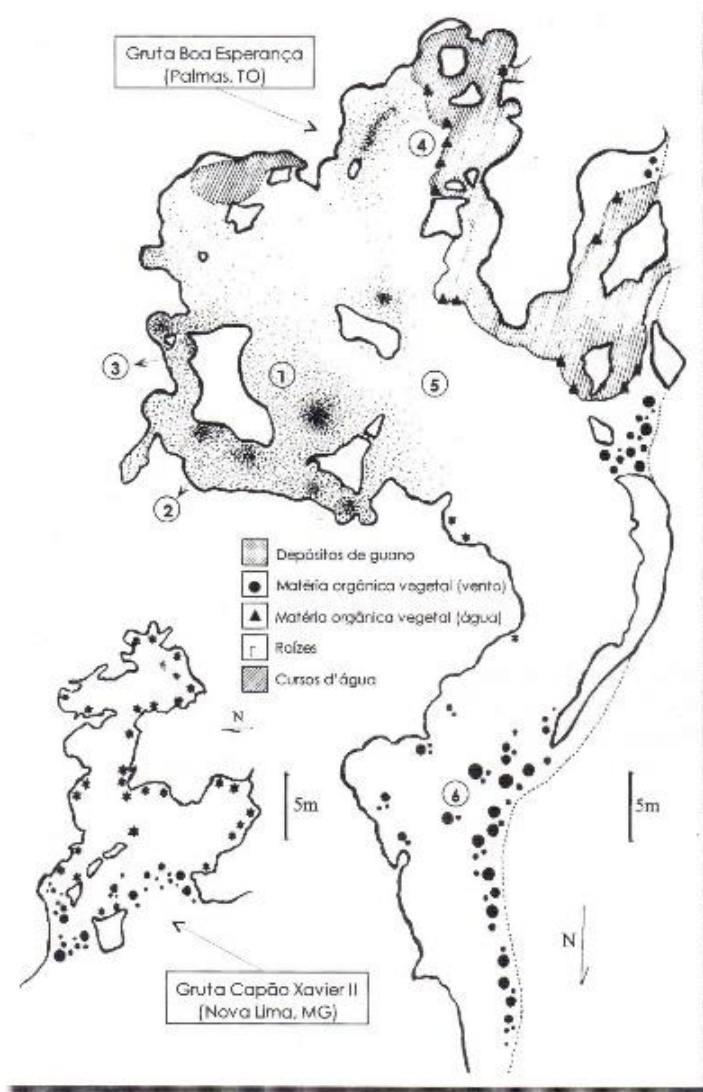


Figura 2. Mapeamento trófico de algumas cavernas ferruginosas, indicando os tipos e locais de distribuição de diferentes recursos encontrados.

(complexo Capão Xavier e Rolá-Moça), estas mostraram certa variação concernente aos recursos presentes. Além disso, a cavidade amostrada no estado de Tocantins mostrou-se bastante distinta das demais no que diz respeito aos tipos de recursos alimentares presentes. De modo geral, algumas das vias "convencionais" de importação de recursos para as cavernas estão presentes, como será descrito.

As águas de percolação são, em geral, pouco abundantes nas cavernas inventariadas. Tal fato é relativamente inusitado, tendo em vista a grande quantidade de canaliculos existentes nas rochas que conformam as cavernas da área. Desta forma, acredita-se que a água proveniente das chuvas possa ter um considerável volume escoado por superfície enquanto a porção drenada é distribuída pelos canaliculos subterrâneos. No entanto, boa parte das águas de percolação provavelmente escoam-se por canaliculos que não se conectam a cavidades subterrâneas de maior calibre.

Além disso, a vegetação epígea associada aos campos ferruginosos não possui elevada produtividade nem tampouco elevada produção de serrapilheira. Desta forma, os recursos orgânicos externos que poderiam ser dissolvidos já se mostram pouco abundantes quando comparados aos presentes em outros sistemas de litofisionomia mais densa, como florestas. Sendo assim, acredita-se que a quantidade de material orgânico dissolvido aportado aos sistemas subterrâneos por águas de percolação seja pequena se comparada à de outros sistemas.

A água superficial pode também transportar materiais orgânicos particulados por meio de enxurradas, como ocorre em inúmeras cavernas (principalmente calcárias). No entanto,

variações térmicas e hídricas em diferentes áreas da gruta Boa Esperança (Palmas, TO), no período chuvoso. As medições se iniciaram às 10:00 horas do dia 30 de Novembro de 2004 e se encerraram às 14:00 horas do dia 01 de Dezembro de 2004. As leituras foram tomadas em intervalos constantes de 15 minutos.

É interessante ressaltar as variações de umidade nos pontos 1 e 2. Tais pontos correspondem aos locais de estabelecimento de enormes colônias de morcegos (*Phyllostomus astatus*), que podem ser os responsáveis por esta variação, contribuindo para a elevação ou redução da umidade durante suas incursões ao meio epígeo. Note que as maiores amplitudes hídricas correspondem ao período entre o fim da tarde do dia

31.11.2004 e o final da madrugada (antes do amanhecer) do dia 01.12.2004. Durante estes movimentos, os inúmeros morcegos podem alterar os valores de temperatura e umidade através do deslocamento de ar promovido pelo batimento de suas asas. No ponto 3, onde existe baixa movimentação de morcegos, a temperatura e umidade mostraram enorme estabilidade.

Sistema trófico

Os sistemas tróficos das cavidades ferruginosas mostram aparente variedade de recursos, que se apresentam em diferentes configurações (Figura 9). Embora boa parte das cavidades tenha sido amostrada em uma mesma área

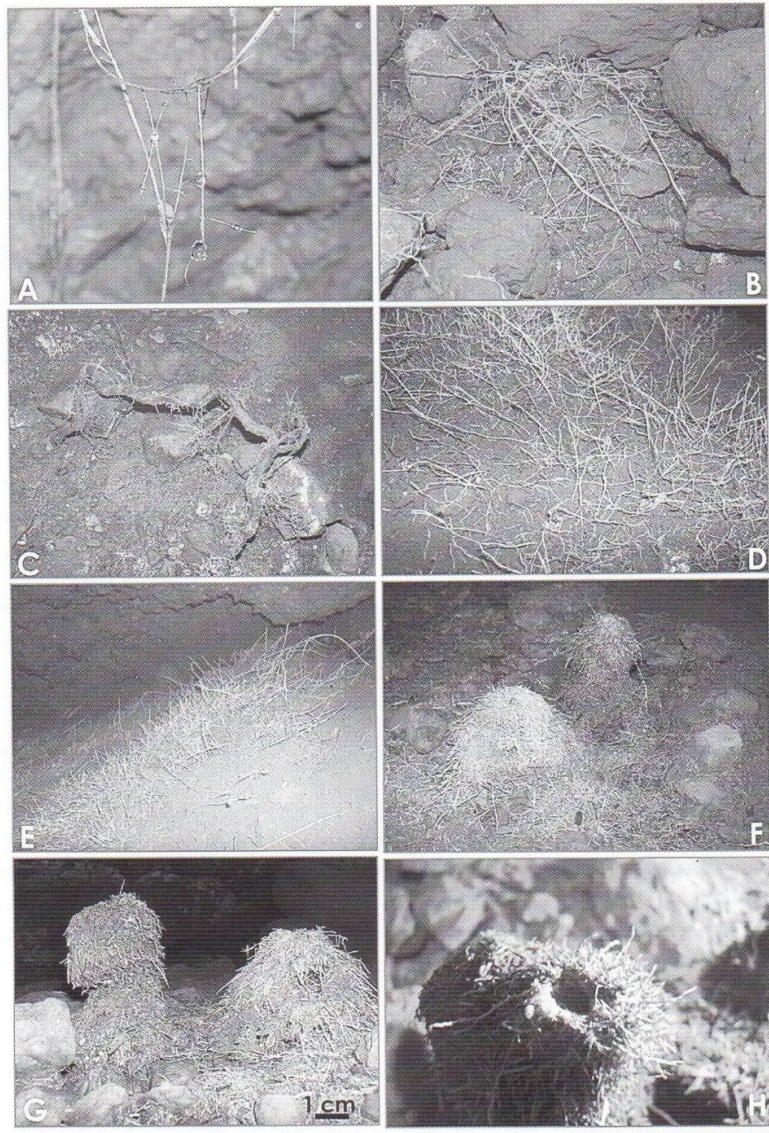


Figura 3. Raízes que crescem interceptando as galerias de diferentes cavernas ferruginosas. A) Raízes presas às laterais do conduto; B,C,D e E) Reticulos radiculares que crescem pelo piso em diferentes cavernas; F e G) Rizotemas; H) Orifício no topo de um rizotema, correspondendo ao local onde as gotas atingem a formação.

tal processo só é possível quando o conduto é descendente em relação à entrada.

As grutas presentes nas proximidades de Belo Horizonte (complexos Capão Xavier, Rola-Moça e Mangabeiras), foram aparentemente expandidas por erosão remontante. Desta forma, a maioria destas cavernas apresenta o conduto ascendente a partir da entrada, o que impede a veiculação de materiais orgânicos particulados pela ação da água. O relevo externo de topografia relativamente acidentada contribui também para a retenção de materiais orgânicos no meio epígeo, o que desfavorece sua importação até mesmo para aquelas cavidades onde o conduto é retilíneo ou ligeiramente descendente em relação à entrada.

No entanto, na caverna do Manso, em Ouro Preto, a presença de um riacho hipógeo e de duas clarabóias favorece consideravelmente a importação de materiais particulados, seja pela ação da água ou mesmo do vento. Na gruta Boa Esperança (TO), existe considerável penetração de materiais orgânicos trazidos pela água, uma vez que praticamente todas as entradas conectam-se a condutos de piso descendente. A irregularidade destes pisos, entretanto, impossibilita a disseminação desses recursos por toda a cavidade, de modo que estes acabam por acumular-se nas proximidades das entradas ou nas margens do pequeno riacho hipógeo que atravessa a cavidade.

Os depósitos de fezes de organismos troglógenos (conhecidos como depósitos

de guano) são relativamente raros nas grutas dos complexos Capão Xavier e Rola-Moça, sendo representados, em sua maioria, por pequenas manchas extremamente desgastadas. A maioria destes depósitos apresenta-se aparentemente exaurida enquanto recurso trófico. Em raros casos foram observadas manchas de guano em deposição. Os únicos tipos de guano avistados foram aqueles provenientes de morcegos de dieta insetívora e frugívora, embora os mais frequentes na maioria das áreas cársticas de Minas Gerais sejam de morcegos hematófagos.

Na gruta Boa Esperança (TO), entretanto, a situação é bem distinta da anteriormente descrita. Várias colônias de morcegos (dentre as quais destacam-se as da espécie *Phyllostomus astutus*) utilizam várias áreas da caverna, depositando grandes quantidades de fezes, que acabam conformando extensos depósitos de guano. Nesta caverna, o principal recurso trófico indubitavelmente corresponde aos depósitos de guano de morcegos (Fig. 2).

Esta diferenciação na oferta de guano entre diferentes sistemas provém, provavelmente, do contexto local de cada área. As cavidades presentes nas imediações da cidade de Belo Horizonte apresentam-se em maior número, o que revela uma maior disponibilidade de abrigos para os morcegos. Além disso, a própria cidade acaba por disponibilizar diversos abrigos (telhados, espaços sob pontes, etc.) que são prontamente utilizados por estes organismos. Tal circunstância revela a baixa densidade de ocupação das cavernas desta área por colônias de morcegos. A gruta Boa Esperança, por outro lado, ocorre em uma área onde inexistem outras cavidades

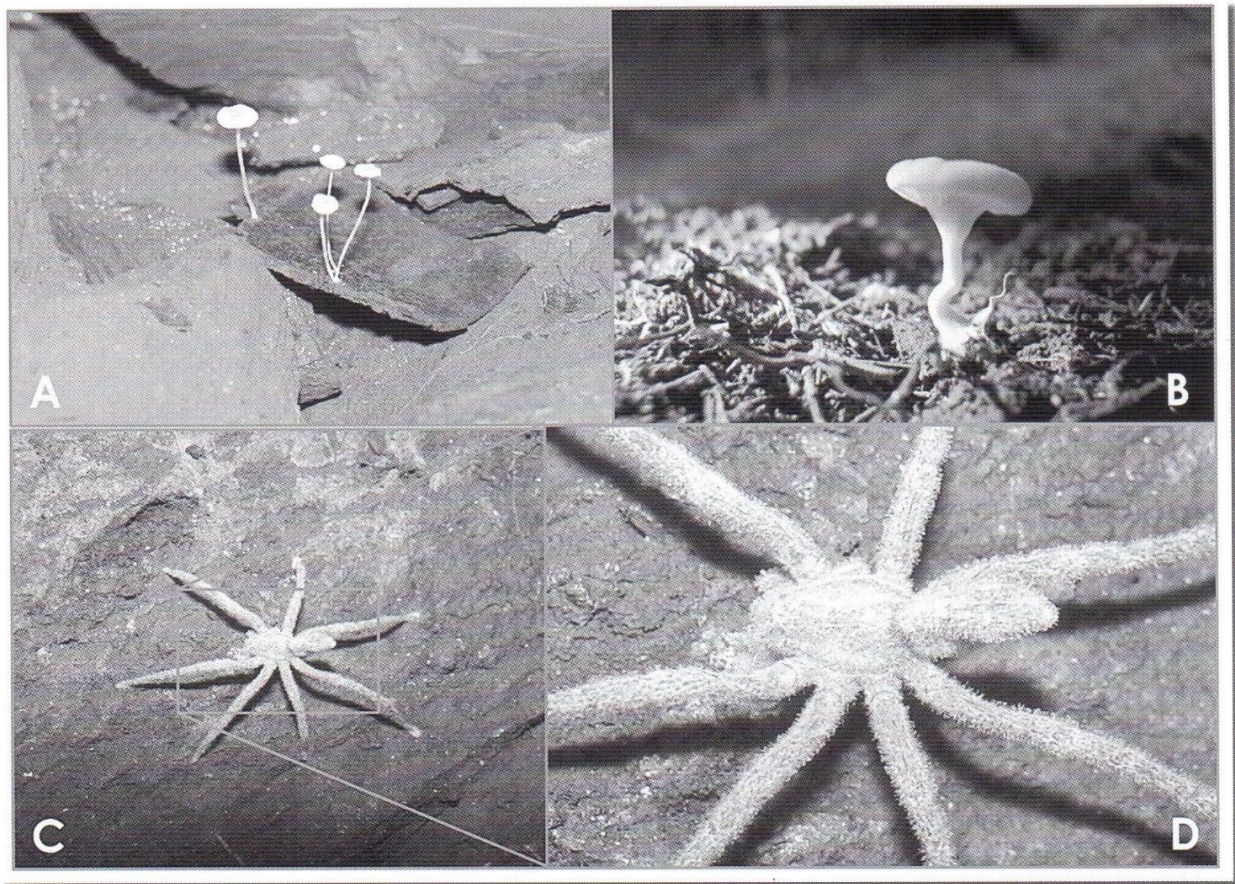


Figura 4. Fungos encontrados em cavernas ferruginosas. A e B) Fungos encontrados no interior de cavernas desenvolvendo-se sobre restos orgânicos vegetais; C e D) Fungos desenvolvendo-se sobre um cadáver de aranha do gênero *Ctenus* sp. no interior da gruta Capão Xavier II.

próximas (esta caverna insere-se em um “pacote” ferruginoso de pequena dimensão, depositado em meio a uma extensa área arenítica). Tal situação leva a uma baixa disponibilidade de abrigos para os morcegos, que acabam se concentrando nesta caverna.

Nas grutas do complexo Capão Xavier e Rola-Moça existe uma situação pouco convencional em sistemas cavernícolas brasileiros. Uma vez que os recursos orgânicos “convencionais” são relativamente raros nas cavernas da área, o grande número de espécies, associado ao reduzido tamanho das cavidades, aparece enquanto um fato paradoxal. No entanto, a elevada riqueza das cavernas tem como base trófica um tipo de recurso bastante inusitado e pouquíssimo comum em cavernas brasileiras: raízes de plantas da vegetação externa, que se desenvolvem através dos interstícios da rocha e alcançam a galeria das cavernas.

Tais recursos, embora relativamente incomuns em cavernas, assumem papel fundamental em certos sistemas subterrâneos, como em tubos de lava presentes nas ilhas Canárias e no Havá (Oromi & Izquierdo, 1994; Howarth, 2001). No Brasil conhecem-se poucos sistemas cavernícolas onde esta via de produtividade primária “indireta” assume considerável importância (Souza-Silva, 2003).

Nas cavernas da área (principalmente na área de Capão Xavier) as raízes (ou os exudatos provenientes de sua decomposição) são consumidas diretamente por um considerável elenco de espécies fitófagas ou detritívoras, de modo que esta fonte de nutrientes pode ser considerada como a principal ocorrência nos sistemas da área (Figura 2).

As raízes crescem em diferentes configurações, podendo prender-se ao teto ou às laterais das galerias das cavernas.

Podem também crescer no piso, formando verdadeiros retículos radiculares (Figura 3 A,B,C,D,E). Além disso, foram observadas, em algumas cavernas, estruturas colunares formadas pelo crescimento anastomosado de raízes nos locais de gotejamento. Tais “tufos” de raízes desenvolvem-se buscando a umidade proveniente do gotejamento vindo do teto, de forma similar ao crescimento de espeleotemas (Figura 3 F,G,H). Tais estruturas foram por nós batizadas “rizotemas” que significa “depósitos de raízes”. Estas estruturas haviam sido encontradas, anteriormente, apenas em algumas cavernas da República Tcheca, o que demonstra sua raridade (Jeník, 1985; Jeník & Kopecky, 1992).

Dada a grande diversidade externa de fungos, estes mostraram-se bastante comuns em muitas cavidades ferruginosas (Figura 4). Os fungos crescem sobre

diferentes materiais orgânicos, tanto de origem vegetal como de origem animal. Conseqüentemente, são importantes decompositores presentes nesses sistemas, podendo até mesmo servir como alimento para uma série de organismos associados a estas cavidades.

Finalmente, foram observados restos de frutos trazidos por morcegos em uma única caverna (Capão Xavier II). Tais restos foram, entretanto, rapidamente consumidos por formigas.

FAUNA

Composição

Foram observadas nas cavernas amostradas, 334 morfoespécies de invertebrados de pelo menos 90 famílias das Ordens: Acarina (Argasidae), Amblypygi (Phryniidae), Araneida (Araneidae, Ctenidae, Ctenizidae, Dipluridae, Ochiroceratidae, Oonopidae, Palpimanidae, Pholcidae, Pisauridae, Salticidae, Segestridae, Scytodidae, Shymphytognathidae, Theraphosidae, Theridiidae), Pseudoscorpionida (Chernetidae, Chthoniidae), Opilionida (Gonyleptidae, Phalangodidae), Palpigradi (Eukoeneriidae), Scorpionida (Buthidae), Isopoda (Dubioniscidae, Porcellionidae, Platyarthridae), Spirostreptida (Pseudonannolenidae), Polydesmida (Chelodesmidae, Pyrgodesmidae), Lithobiomorpha, Geophylomorpha, Symphyla, Coleoptera (Coccinellidae, Curculionidae, Dermestidae, Histeridae, Pselaphidae, Ptylodactilidae, Tenebrionidae), Collembola (Arrhopalitidae, Cyphoderidae, Entomobryidae, Hipogastruridae, Isotomidae, Neanuridae), Dictyoptera (Blaberidae), Diplura (Anajapygidae, Campodeidae, Japygidae, Projapygidae), Diptera (Cecydomyiidae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Culicidae, Drosophilidae, Empididae, Keroplatidae, Milichiidae, Mycetophilidae, Phoridae, Psychodidae, Simuliidae, Tipulidae), Ensífera (Phalangopsidae), Heteroptera (Cydnidae, Enicocephalidae, Lygaeidae, Reduviidae, Ploiariidae), Homoptera

(Cixidae, Ortheziidae), Hymenoptera (Brachonidae, Formicidae), Isoptera (Nasutitermitidae, Rhinotermitidae), Lepidoptera (Noctuidae, Tineidae), Neuroptera (Myrmeleontidae), Psocoptera (Psyllipsocidae, Pseudocaecillidae), Trichoptera, Zygentoma (Lepidotrichidae, Nicoletiidae), Oligochaeta e Pulmonata. Foram observados também anfíbios (*Bufo paracnemis*, *Hyla* sp.), morcegos (*Phyllostomus astatus*, *Glossophaga soricina*) e até mesmo um gambá (*Didelphis albiventris*).

Algumas espécies encontradas (aqui referidas apenas pelo gênero) são troglófilas bem especializadas à vida cavernícola, como *Endecous* sp. (Ensífera: Phalangopsidae), *Zelurus* sp. (Heteroptera: Reduviidae), *Mesabolivar* sp. (Araneida: Pholcidae), *Ctenus* sp. (Araneida: Ctenidae), *Plato* sp. (Araneida: Theridiosomatidae) e *Pseudonannolene* sp. (Spirostreptida: Pseudonannolenidae) (Pinto-da-Rocha, 1995). Algumas espécies acidentais, troglóxenas e troglófilas, encontradas em cavernas ferruginosas, são mostradas na figura 5.

Estrutura das comunidades

As comunidades associadas a cavernas ferruginosas possuem, em geral, uma característica marcante: a dominância de espécies de hábitos intersticiais. Tais espécies preferem abrigar-se em fendas, espaços sob rochas ou outros espaços intersticiais. Tal preferência pode resultar da própria origem provável de muitas dessas espécies: os canalículos da canga, que certamente conformam um intrincado sistema subterrâneo de menor calibre, mas que certamente estende-se por amplas extensões.

Sendo assim, uma grande quantidade de espécies permanece abrigada, o que inicialmente pode levar à concepção equivocada de que estes sistemas sejam "pobres" em fauna. Entretanto, quando microhabitats (como espaços sob rochas) são investigados, revelam uma grande riqueza de espécies. Desta forma, é notória a necessidade de inventários extremamente cautelosos quando se

pretende estudar a fauna subterrânea associada a esses sistemas (assim como em outros sistemas subterrâneos).

O verdadeiro habitat da maioria das espécies de invertebrados associados às cavernas ferruginosas se estende muito além das macrocavernas. Certamente existem comunidades complexas associadas às meso e microcavernas, com inúmeras espécies que continuamente exploram espaços maiores, como as "cavernas".

Ressalta-se, no entanto, que as macrocavernas oferecem, eventualmente, atrativos tróficos que podem levar à ocupação e mesmo ao estabelecimento de muitos invertebrados. Manchas de guano ou depósitos de matéria orgânica vegetal (trazida por água ou vento) são recursos de considerável oferta que inexistem (pelo menos na forma particulada) em espaços intersticiais. Sendo assim, acredita-se que certas cavernas possam representar áreas de "concentração" da diversidade subterrânea de uma dada área (em especial aquelas com considerável quantidade e variedade de recursos tróficos).

Com base nos organismos encontrados e nas interações observadas durante as coletas de invertebrados foi construída uma teia trófica geral para as cavernas do complexo Capão Xavier (Figura 6). Nota-se que o recurso principal que sustenta as comunidades são raízes, como já citado. No entanto, ocorrem outros recursos tróficos, entre os quais se destaca o guano de morcegos.

Também merece menção a baixa similaridade entre as comunidades presentes em diferentes cavernas ferruginosas, mesmo naquelas situadas em uma mesma localidade. Tal fato evidencia a importância da estrutura física e trófica (com particularidades inerentes a cada caverna) para a determinação de quais espécies possuem viabilidade de colonização e permanência em cada cavidade.

Espécies troglomórficas

Foram encontradas 19 espécies troglomórficas/edafobiontes. Tal número

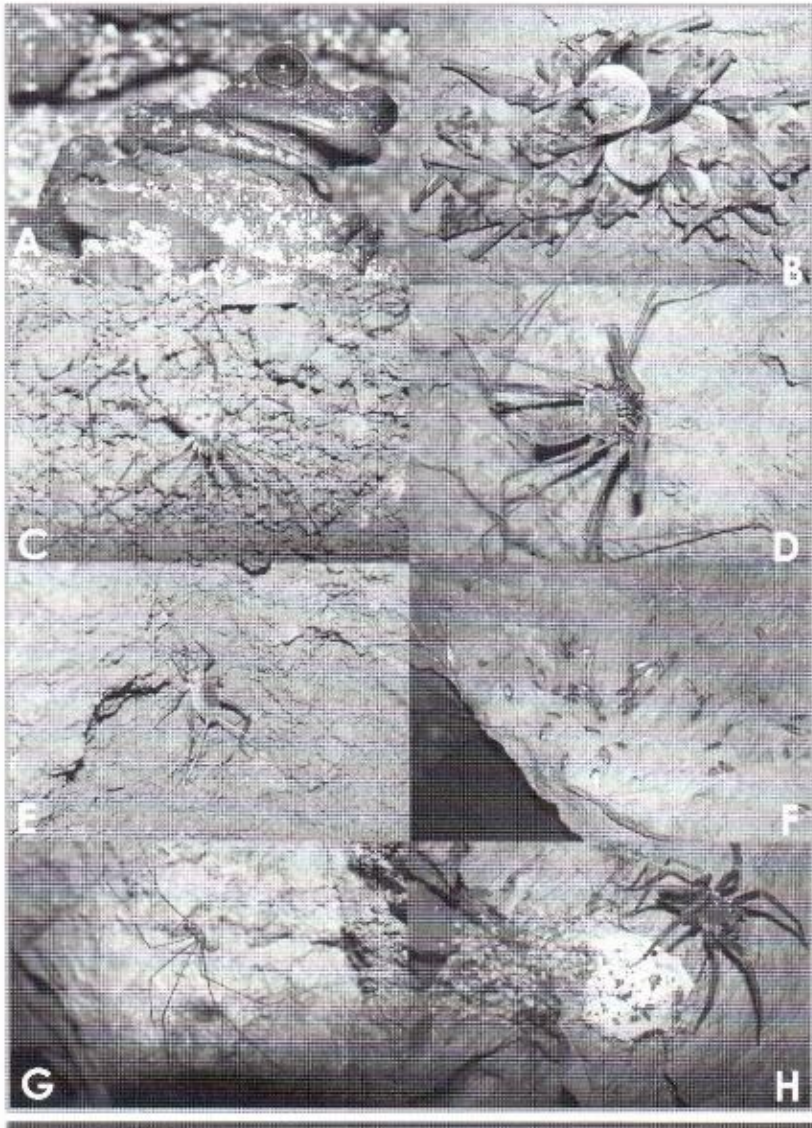


Figura 5. Organismos encontrados em cavernas ferruginosas. A) *Hyla* sp. (gruta Capão Xavier I); B) *Phyllostomus astatus* (gruta Boa Esperança); C) *Goniosoma* sp. (gruta Capão Xavier II); D) *Heterophrynus longicornis* (gruta Boa Esperança); E) *Endecous* sp. (gruta Capão Xavier II); F) *Blaberus* sp. (gruta Boa Esperança); G) *Mesabolivar* sp. (gruta Capão Xavier II); H) *Ctenus* sp. (junto aos filhotes recém eclodidos - gruta Capão Xavier II).

é surpreendente, tendo em vista o reduzido número de cavernas inventariadas, quase todas de pequena extensão. Entretanto, a suposta "reduzida extensão" de cada macrocaverna na verdade é relativa, pois estas compreendem apenas parte dos habitats utilizados por muitas dessas espécies, como já discutido anteriormente.

Tais espécies compreendem um palpigrado (*Eukoeneria* sp. - Palpigradi: Eukoeneriidae – espécie nova em descrição), duas aranhas (famílias Oonopidae e Dipluridae), um pseudoescorpião (Chthoniidae), um opilão, um isópode (*Trichorhina* sp. - Platyarthroidea), dois colêmbolos (*Arrhopalites* sp. – Arrhopalitidae e Isotomidae), dois besouros (Pselaphidae e Carabidae - *Coarazuphium* sp.n -

espécie nova em descrição), três dipluros (Japygidae e Anajapygidae), uma traça (Nicoletiidae), um "percevejo" (Enicocephalidae), uma centopéia (Polydesmida), uma pequena lacraia (Lithobiomorpha) e 2 homópteros (Cixiidae e Ortheziidae). Todas estas espécies troglomórficas são provavelmente novas para a ciência, e algumas delas merecem destaque.

Indubitavelmente merece destaque a ocorrência de uma nova espécie de *Coarazuphium* (Coleoptera: Carabidae: Zuphini) em uma caverna no Parque do Rola-Moça (MG). Um único indivíduo foi encontrado (Figura 7B), representando a quinta espécie deste gênero a ser descoberta. Tal organismo encontra-se, atualmente, em descrição. Todas as espécies deste

gênero conhecidas até o momento são troglóbias. Algumas apresentam total anoftalmia (*C. tessai*) enquanto outras apresentam ainda olhos reduzidos (como o caso de *C. pains* e esta nova espécie encontrada).

Além deste interessante carábideo, foram encontrados também alguns indivíduos de uma espécie pertencente à família Pselaphidae (Coleoptera), que possuem caracteres troglomórficos. Dentre estes caracteres, cabe mencionar a acentuada despigmentação do tegumento, a redução das estruturas oculares e o considerável alongamento dos apêndices (tanto sensoriais quanto ambulatoriais – Figura 7A).

Outra espécie importante consiste de um pequeno opilão completamente despigmentado e anoftálmico (Figura 7C). Indivíduos desta espécie foram encontrados em várias cavernas do complexo Capão Xavier e Rola-Moça, o que sugere uma vasta ocupação de habitats intersticiais.

As aranhas da família Dipluridae também merecem destaque. Os organismos encontrados apresentam acentuada redução da pigmentação tegumentar, além do fato de que somente 2 dos 8 olhos apresentam-se funcionais. A espécie em questão é nova, e mais se aproxima, dentre as espécies conhecidas, daquelas pertencentes ao gênero *Masteria*. As aranhas deste gênero, entretanto, possuem somente dois olhos, o que sugere que a espécie de Dipluridae encontrada possa consistir não somente de uma nova espécie, mas de um novo gênero (Figura 7D).

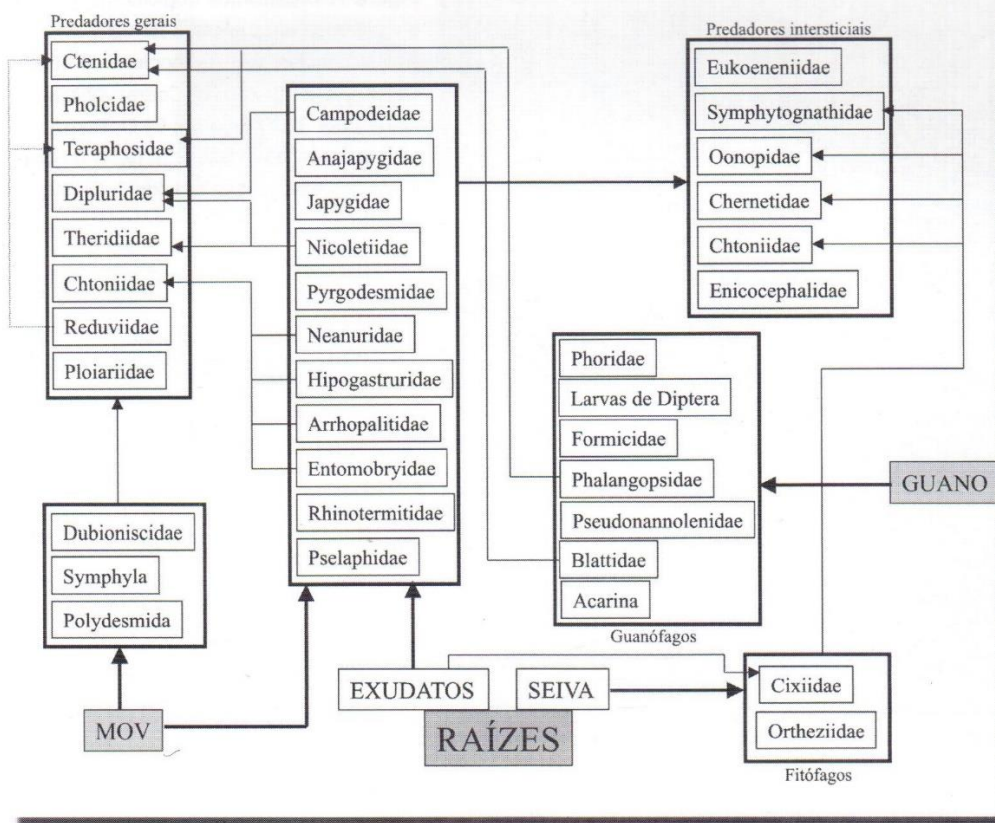


Figura 6. Teia trófica geral para as cavernas do complexo Capão Xavier

Os indivíduos da família Eukoeneniidae (Arachnida: Palpigradi) encontrados nas cavernas Capão Xavier I, II, III, IV e VI e Rola-Moça I pertencem ao gênero *Eukoenia*, e são, possivelmente, troglóbios (Figura 8). A Ordem Palpigradi é composta por arácnídeos de pequeno porte, de hábitos edáficos ou subsuperficiais (incluindo cavernas). Existem cerca de apenas 60 espécies conhecidas em todo o mundo. Estas ocorrências constituem-se em importantes registros de organismos desta Ordem em cavernas ferruginosas, o que demonstra a enorme relevância da região. Além disto, ocorrências epígeas de palpígrados no Brasil são raras, restringindo-se à Amazônia, do Rio de Janeiro e a duas ocorrências isoladas no estado de Minas Gerais (municípios de Pedro Leopoldo e Iguatama). Os demais registros hipógeos de indivíduos desta Ordem no Brasil constituem-se de ocorrências nos municípios de Pains, Iguatama, Arcos, Cordisburgo, Paracatu, Sete Lagoas, Itumirim, Lima Duarte, Januária e Itacarambi (todos estes no

estado de Minas Gerais) e Mambá (GO) (Ferreira, 2004).

Os indivíduos da família Enicocephalidae encontrados também se destacam. Indivíduos desta família haviam anteriormente sido registrados apenas em quatro cavernas do estado de São Paulo (Pinto-da-Rocha, 1995), o que vem a demonstrar a raridade destes organismos em cavernas. Além disso, algumas características dos organismos encontrados nas cavernas ferruginosas sugerem um potencial troglomorfismo, o que não havia sido observado nos organismos encontrados em estudos anteriores. Dentre estas características, se destacam a acentuada despigmentação tegumentar, o alongamento do corpo e a redução das estruturas oculares. Infelizmente, nas numerosas incursões às cavernas da área, foram encontrados somente dois indivíduos da espécie (coletados para identificação durante o trabalho), o que indica a raridade da espécie na área.

Espécies invasoras

Formigas associam-se a diversos sistemas

cavernícolas brasileiros (Pinto-da-Rocha, 1995). Tais organismos podem utilizar cavernas como extensões físicas da própria colônia, como locais de forrageamento e até mesmo como "lixeiros" (Ferreira, 2000). Embora muitas destas associações gerem situações de considerável "equilíbrio", podem ocorrer casos de exploração trófica de uma cavidade pela ocupação intensa de formigas. Nestes casos, estes organismos podem consumir diretamente o recurso presente (guano, depósitos orgânicos vegetais) ou mesmo predar outras espécies (e.g. larvas).

Foram observadas 20 espécies diferentes de formicídeos associadas às cavernas inventariadas, em

especial, aquelas presentes no complexo Capão Xavier e Rola-Moça. Como tais cavernas são muito superficiais (e amplamente conectadas a canaliculos presentes na canga), existe uma condição favorável à colonização e conseqüente estabelecimento de colônias nestas cavidades (em uma proporção maior do que a observada em cavidades associadas a outras litologias, como o calcário) As espécies encontradas caracterizam-se claramente como partes de colônias estabelecidas nas cavidades ou nas suas proximidades. O estabelecimento de espécies exóticas (de formigas) no interior de cavernas leva a impactos consideráveis, como aqueles observados em cavernas nos Estados Unidos (Elliott & Reddell, 1989; Reddell, 1991; Elliott, 1992). Uma vez que as colônias são formadas, em geral, por centenas a milhares de indivíduos, a exaustão do recurso orgânico tende a ser rápida em cavernas onde se estabelecem tais organismos. Tal fato demonstra o potencial impacto destas espécies sobre os ecossistemas cavernícolas ferruginosos em algumas áreas.

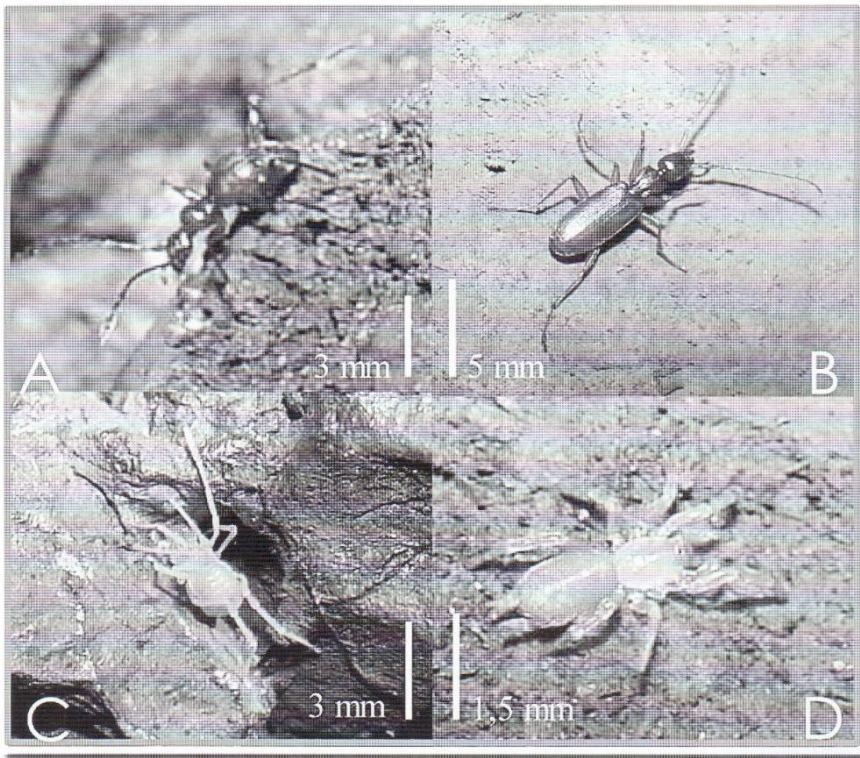


Figura 7. Organismos troglomórficos encontrados em cavernas ferruginosas. A) Pselaphidae sp.1 (Coleoptera - grutas Capão Xavier II e III); B) *Coarazuphium* sp.n (gruta Rola Moça III); C) Opilionida sp.1 (grutas Capão Xavier II, IV, VI e Rola Moça I); D) Dipluridae sp1 (gruta Capão Xavier II).

Considerações finais e perspectivas futuras

Infelizmente, a total falta de informações concernentes à composição, estrutura e dinâmica da fauna associada a cavernas ferruginosas torna a interpretação dos resultados encontrados pouco precisa.

Comparando-se a fauna das grutas ferruginosas com a encontrada em cavernas de outras litologias (principalmente o calcário), percebe-se que a composição é semelhante, principalmente ao nível das famílias de invertebrados presentes. No entanto, em uma caverna calcária de mesma dimensão dificilmente se encontrariam tantas espécies como nas cavernas ferruginosas estudadas, em especial as ocorrentes no complexo Capão Xavier. Desta forma, estas cavidades apresentam, de forma geral, uma elevada riqueza, diversidade e complexidade biológica quando comparadas a cavernas de outras litologias.

Estas comparações devem ser feitas, no entanto, com extrema cautela. Nos trabalhos desenvolvidos nessas cavidades houve uma coleta extremamente criteriosa que consistia na inspeção detalhada de todos os microhabitats passíveis de vistoria no interior de cada caverna.

Historicamente, inventários de invertebrados em cavernas têm dado pouca atenção a microhabitats (como espaços sob rochas, fendas, etc.). Provavelmente esta pouca atenção se deva ao fato de que as condições prevalentes em sistemas cavernícolas (ausência de luz, temperatura constante e elevada umidade) sugerem uma ausência de necessidade (pelos organismos cavernícolas) de abrigarem-se buscando condições microclimáticas específicas.

No entanto, tal concepção é extremamente equivocada, uma vez que, mesmo em regiões mais profundas de cavernas, vários invertebrados abrigam-se em microhabitats. A busca por estes espaços pode eventualmente dever-se à procura por determinadas condições microclimáticas. Entretanto, este comportamento de "abrigar-se" pode resultar da própria determinação comportamental evolutiva de muitos grupos. Vários organismos encontrados em cavernas são edafobiontes ou epigáicos, preferenciando microhabitats no meio epígeo. Muitas vezes, mesmo no interior das cavernas, tais grupos podem continuar procurando pequenos espaços, por determinação comportamental, mesmo em um ambiente mais estável que o externo.

Desta forma, baseado na concepção de que "organismos não necessitam abrigar-se em ambientes de alta estabilidade como cavernas", inúmeros inventários faunísticos desconsideram ou dão pouca importância a microhabitats, gerando listagens de fauna que definitivamente não refletem a real comunidade presente em uma dada caverna.

Assim sendo, os números de espécies obtidos nas cavernas do presente trabalho refletem a elevada diversidade existente, mas podem, eventualmente, ser considerados "superestimativas" quando comparados a outros inventários. Enfatiza-se, aqui, que as cavernas do presente estudo não tiveram riqueza superestimada e sim que, na maioria dos inventários feitos em cavernas brasileiras, existe um quadro de sub-estimativa das comunidades presentes.

Tal fato é perceptível comparando-se inventários realizados utilizando-se metodologias distintas em uma mesma caverna. Nesta perspectiva, alguns exemplos merecem ser mencionados: Chaimowicz (1984), Trajano (1992), Gnaspini & Trajano (1994) e Ferreira & Horta (2001) registraram menos de 40 espécies na gruta do Janelão (Januária/Itacarambi, MG). Ferreira (2004), em um inventário detalhado, revelou, apenas na parte escura da caverna, um total de 270 espécies. Rheims & Pellegatti-Franco (2003) encontraram 61 espécies de invertebrados na gruta Passa-Três (São Domingos, GO). Na mesma caverna, um inventário realizado no ano 2000 revelou um total de 207 morfo-espécies de invertebrados (Ferreira, dados não publicados). Trajano (2000) lista a

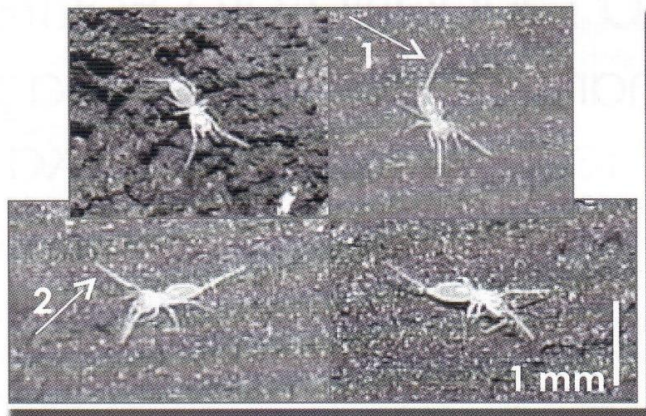


Figura 8. *Eukoenenia* sp.n (Arachnida: Palpigradi: Eukoeneniidae), observada em várias cavernas do complexo Capão Xavier e Rola-Moça. 1) Flagelo; 2) Perna sensorial (primeiro par).

presença de 17 espécies de invertebrados para a gruta Milagrosa, 34 para a gruta Califórnia e 32 para a gruta Pedra Suspensa, todas localizadas no município de Pau-Brasil (BA). Souza-Silva (com. pes.), em um projeto em andamento sobre cavernas em Mata Atlântica, inventariou 61 espécies de invertebrados para a gruta Milagrosa, 65 para a gruta Califórnia e 80 para a gruta Pedra Suspensa, sempre visitando os microhabitats presentes.

Tais exemplos demonstram que as metodologias empregadas historicamente em inventários bioespeleológicos no Brasil têm gerado, na grande maioria das vezes, listas sub-estimadas de espécies, o que representa um severo problema de ordem contextual. Desta forma, enfatiza-se aqui a necessidade da execução de inventários faunísticos mais detalhados em cavernas brasileiras para que se possa comparar com confiança a diversidade de diferentes cavernas presentes em nosso País.

As cavernas ferruginosas são indubitavelmente diversas, principalmente quando se considera que são cavidades, em geral, de reduzido tamanho. Entretanto, a contextualização adequada destas cavernas no panorama bioespeleológico nacional demandaria inventários detalhados que permitissem comparação que, como previamente citado, infelizmente são raros.

Embora exista um indicativo de que

sistemas ferruginosos possuem estruturas diferenciadas daquelas presentes em cavernas associadas a outras litologias, tal indicativo baseia-se em observações ainda restritas. Somente com um maior número de pesquisas em cavernas ferruginosas será possível avaliar se tal diversidade é ou não característica geral desses sistemas.

Referências

- AULER, A., RUBBIOLI, E., BRANDI, R. 2001. *As grandes cavernas do Brasil*. Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, 227p.
- CHAIMOWICZ, F. 1984. Levantamento bioespeleológico em algumas grutas de Minas Gerais. *Espeleo-tema* 14: 97-107.
- ELLIOTT W.R.; REDDELL, J.R. 1989. The status and range of five endangered arthropods from caves in the Austin, Texas region *Austin Regional Habitat Conservation Plan*. 100p.
- ELLIOTT, W.R. 1992. Fire ants invade Texas caves. *American caves* 13, 23p.
- FERREIRA, R.L. 2000. Lixeiras de formigueiros: recursos adicionais em sistemas cavernícolas? *O Carste* 12(3): 154-158.
- FERREIRA, R.L.; HORTA, L.C.S. 2001. Natural and human impacts on invertebrate communities in Brazilian caves. *Brazilian Journal of Biology* 61(1): 7-17.
- FERREIRA, R.L. 2004. *A medida da complexidade ecológica e suas aplicações na conservação e manejo de ecossistemas subterrâneos*. Tese de doutorado. Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais. 160p.
- HOWARTH, F. B. 2001. Hawaii (USA) In: *Enciclopedia Biospeologica (Tome III)*. Juberthie & Decu Eds. 2175-2181 p.
- JENIK, J. 1985. Stalagmitové korání jeskyních. *Vesmír* 64: 357.
- JENIK, J., KOPECKY, J. 1992. Korenové stalagmity v pískovcových jeskyních. *Knih. Čes. Speleol. Spol.* 10: 26-34.
- OROMI, P., IZQUIERDO, I. 1994. Canary Islands. In: *Enciclopedia Biospeologica (Tome I)*. Juberthie & Decu Eds. 631-639 p.
- PINTO-DA-ROCHA, R. 1995. Sinopse da fauna cavernícola do Brasil (1907 - 1994). *Papéis Avulsos de Zoologia* 39(6): 61-163.
- REDDELL, J.R. 1991. Further study of the status and range of endangered arthropods from caves in the Austin, Texas region. *A report on a study for the U.S. Fish & Wildlife Service*. 178 p.
- RHEIMS, C. A., PELLEGATTI-FRANCO, F. 2003. Invertebrados terrestres de cavernas da área cárstica de São Domingos, nordeste de Goiás. *O Carste* 15(4): 132-137.
- SOUZA-SILVA, M.S. 2003. *Dinâmica de disponibilidade de recursos alimentares em uma caverna calcária*. Dissertação de mestrado. Curso de pós-graduação em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre. 78p.
- TRAJANO, E., MOREIRA, J. R. A., 1991. Estudo da fauna de cavernas da província espeleológica arenítica Altamira-Itaituba, Pará. *Rev. Bras. Biol.* 51(1): 13-29.
- TRAJANO, E. 1992. Nota sobre os cavernícolas da Província Espeleológica do Bambuí. *Espeleo-Tema* 16: 95-101.
- GNASPINI, P., TRAJANO, E. 1994. Brazilian cave invertebrates, with a checklist of troglomorphic taxa. *Revista Brasileira de Entomologia*, 38(3): 549-584.
- TRAJANO, E. 2000. Cave fauna in the Atlantic tropical rain forest: composition, ecology and conservation. *Biotropica* 32: 882-893.
- ZEPPELINI-FILHO, D., RIBEIRO, A.C., CUNHA, G.C., FRACASSO, M.P.A., PAVANI, M.M., OLIVEIRA, O.M.P., OLIVEIRA, S.A, MARQUES, A.C. Faunistic survey of sandstone caves from Altinópolis region, São Paulo State, Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia* 43(5): 93-99. 