

Influência das características físico-químicas e da matéria orgânica de depósitos recentes de guano de morcego na riqueza e diversidade de invertebrados de uma caverna calcária

Gretynelle Rodrigues Bahia¹ & Rodrigo Lopes Ferreira¹

The influence of physical-chemical features and the organic matter of recent bat guano deposits in the richness and diversity of the invertebrates in a limestone cave

ABSTRACT: Several physical, chemical and spatial traits of guano deposits (distance from the cave entrance, area of deposits, pH and percentage of organic matter) were analyzed with respect to the richness and diversity of the invertebrates communities associated with these deposits in Mil Pérolas Cave, Sete Lagoas, Minas Gerais, Brazil. We collected 761 individuals in 23 morphospecies pertaining to 10 groups: Acarina, Araneae, Collembola, Coleoptera, Diptera, Heteroptera, Hymenoptera, Isoptera, Lepidoptera and Anellida. Deposits area is the most important variable found to influence guano communities in this cave, though its effect was moderate.

Key words: cave, invertebrates, guano, communities.

INTRODUÇÃO

As cavernas são componentes de um sistema denominado "carste", que pode ser caracterizado como um complexo dinâmico em constante modificação, principalmente por ação da água (atuando na formação, moldagem e deposição de inúmeras feições) (GILBERT *et al.*, 1994). Estas podem ser encontradas em vários tipos de rochas, principalmente naquelas mais solúveis, como as carbonáticas. A formação das cavernas se dá, inicialmente, pela dissolução da rocha por ação da água, que forma lenta e continuamente os chamados "condutos", que são suas galerias. A formação destas galerias pode

¹ Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Biologia Geral, Laboratório de Ecologia e Comportamento de Insetos, C.P. 486, 3016-1970, gretyrb@hotmail.com

também ser feita, em um segundo momento, por desmoronamentos da rocha na qual a caverna está inserida, sendo que muitas destas (de grande dimensão) geralmente tiveram este tipo de gênese.

O meio cavernícola é caracterizado por uma elevada estabilidade ambiental e pela ausência permanente de luz (POULSON & WHITE, 1969). Esta elevada estabilidade climática faz das cavernas locais ideais para a pesquisa ecológica (POULSON, 1972).

Porém, as variações que ocorrem nas condições físicas nestes ambientes, podem ser observadas tanto ao longo do tempo, como entre diferentes cavernas e até mesmo entre áreas distintas dentro de uma mesma caverna. Em cavernas de grande extensão, a temperatura em locais muito distantes da entrada quase não varia (BARR & KUEHNE, 1971). Cavernas de pequena extensão possuem oscilações mais evidentes, que são reflexo direto das variações no ambiente externo.

Com a ausência de luz no ambiente cavernícola não se encontram produtores primários, com exceção de poucas bactérias quimioautotróficas, o que faz das comunidades cavernícolas essencialmente decompositoras, sendo a energia ou alimento importados do meio externo. Este alimento penetra no meio cavernícola carregado por agentes físicos ou biológicos, de forma contínua ou em "pulsos" e em configurações espaciais diferentes (CULVER, 1982). A importação de recursos no meio cavernícola é feita por três vias principais: matéria orgânica particulada carregada diretamente por rios ou ribeirões ou veiculadas através de aberturas verticais nas cavernas; matéria orgânica dissolvida, bactérias e protozoários presentes em águas de percolação, que penetram nas cavernas através do calcário ou através de cadáveres ou fezes de animais que entram e saem das cavernas com certa regularidade.

O tipo de recurso, bem como a forma pela qual este penetra no sistema, é um importante determinante da composição da fauna presente no meio cavernícola. Em algumas cavernas, o guano de morcegos, aves e grilos pode, por exemplo, formar extensos depósitos, sendo a principal fonte energética nesse ambiente (GNASPINI-NETTO, 1989; HERRERA, 1995; FERREIRA & MARTINS, 1998, FERREIRA *et al*, 2000).

Depósitos de guano de morcegos podem ser a principal fonte energética em cavernas permanentemente secas, nas quais não há aporte de nutrientes por outras vias como enxurradas, rios subterrâneos e aporte por gravidade. Com relação à qualidade alimentar e ao microclima, os depósitos de guano são heterogêneos, sendo caracterizados pela elevada variabilidade de microhabitats, com pH, umidade e porcentagens de matéria orgânica distintos, que por sua vez, abrigam inúmeras comunidades zoológicas em diferentes estágios sucessionais (DECU, 1986).

As características físicas e químicas das manchas de guano variam com o tempo, o guano recém-depositado (fresco), é mais alcalino e acidifica-se à medida que envelhece (GNASPINI & TRAJANO, 1998; FERREIRA & MARTINS, 1998), sendo também mais úmido que o guano mais antigo (BERNATH & KUNZ, 1981).

Em cavernas de regiões temperadas, a deposição do guano é sazonal, de modo que as comunidades associadas a estes depósitos podem ser denominadas "cronosinúsias" (DECU, 1986), e têm um padrão de sucessão determinado pelos picos sazonais de deposição do guano. A maioria das cavernas tropicais, ao contrário, não possui sazonalidade de deposição de guano e as colônias de morcegos podem migrar entre cavernas ou entre diferentes locais em uma mesma caverna. Essa característica de irregularidade de deposição dificulta o estudo das comunidades associadas ao guano.

Os organismos encontrados em cavernas apresentam diferentes graus de especializações morfológicas, fisiológicas e comportamentais. De acordo com HOLSINGER & CULVER (1988) há os troglóxenos, encontrados regularmente nas entradas das cavernas, mas que saem para se alimentar a intervalos de tempo regulares, os troglófilos que podem completar seu ciclo de vida no meio externo ou no interior das cavernas e os troglóbios que são os organismos mais especializados, ocorrendo apenas no interior de cavernas. Estes últimos podem apresentar especializações morfológicas, fisiológicas e/ou comportamentais, que provavelmente se desenvolveram em resposta às pressões seletivas presentes em cavernas e/ou à ausência de pressões seletivas típicas do meio externo como aquelas impostas pela presença de luz. No meio externo, 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 recursos, nas quais organismos não precisam sair em busca de alimento). Muitos destes organismos atuam como importadores de energia do meio externo, sendo muitas vezes os principais responsáveis pelo fluxo energético em cavernas permanentemente secas.

A importância do estudo de comunidades associadas a depósitos de guano de morcegos é nítida, visto que tais comunidades provavelmente o reciclam e participam de outras interações relativas ao ambiente cavernícola como um todo. Como muitas espécies associadas ao guano são troglófilas elas podem participar de interações inerentes ao depósito de guano e, eventualmente, de interações, tais como predação e competição em outros biótopos no interior da caverna.

A distribuição dos organismos no interior das cavernas pode ser influenciada por inúmeros fatores, dentre os quais recursos alimentares. Muitos organismos colonizam as cavernas via entrada, de forma que a distância da entrada ao interior pode ser um importante fator que determina a distribuição de alguns grupos (POULSON & WHITE, 1969).

Depósitos de guano podem ser considerados recursos efêmeros, uma vez que, cessada a deposição pela colônia de morcegos, este recurso tende a se esgotar com o tempo, caso não haja uma nova deposição. Comunidades de guano, entretanto, mostram-se ligeiramente diferentes de comunidades associadas a outros recursos efêmeros, tais como carcaças de animais ou troncos em decomposição, tanto no ponto de vista da disponibilidade de recurso quanto ao nível das interações tróficas existentes (FERREIRA & MARTINS, 1999).

O trabalho teve como objetivo avaliar se riqueza e diversidade da fauna associada ao guano de morcegos hematófagos eram afetadas pela área e forma das manchas dos depósitos, pelo pH e porcentagem de matéria orgânica do guano bem como pela distância dos depósitos até a entrada da gruta.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A gruta Mil Pérolas está localizada no município de Sete Lagoas, Estado de Minas Gerais. A caverna calcária situa-se na formação Bambuí localizada nos domínios do cerrado em uma área de pastagem caracterizada como campo sujo, na base de maciço calcário, cujo topo eleva-se 50 metros da planície à frente da entrada. Junto aos afloramentos de rocha há um fragmento de Floresta Semidecidual Estacional de pequenas proporções e bastante alterada pela ação antrópica. A cavidade estudada apresenta três entradas com alguns blocos abatidos e desprendidos do teto, e um único conduto de aproximadamente 150m de comprimento. A cavidade é de fácil acesso, com piso plano e grande extensão afótica. O sedimento do piso é trabalhado por ação de enxurradas que penetram na cavidade percorrendo o conduto principal desde o fundo até a sua entrada nos períodos chuvosos.

Os depósitos de guano estavam localizados a partir de uma distância de 20 m da entrada da caverna até 105,65 m, todos pertenciam a morcegos hematófagos, *Desmodus rotundus* (Geoffroy, 1810).

Procedimentos

Coleta de invertebrados

A coleta foi feita por todo o conduto da caverna em apenas uma visita realizada no mês de junho de 2002. Em cada depósito de guano se concentraram três coletores em um período de 40 minutos. Os exemplares foram coletados com o uso de pinças e pincéis e acondicionados em frascos contendo álcool a 70% e então identificados em morfoespécies. Valores de riqueza e diversidade de espécies foram calculados pelo índice Shannon-Weaver - ZAR, 1996.

Distância da entrada, área e forma dos depósitos de guano

A verificação do possível efeito da distância da entrada da caverna, da área e da forma das manchas de guano na riqueza e diversidade da fauna associada, foi feita da seguinte forma: todas as manchas de guano de morcegos presentes no conduto da caverna foram localizadas e marcadas com pequenas placas de alumínio numeradas. Mediu-se com uma

trena a distância da entrada da caverna até o centro de cada uma delas. A área de cada mancha foi calculada pela fórmula de Simpson, que integra os comprimentos de segmentos paralelos tomados a partir da maior distância longitudinal de cada depósito (FERREIRA & MARTINS, 1998). A forma dos depósitos foi quantificada a partir de sua conversão para IDM (índice de desenvolvimento de margem) (BARBOUR & BROWN, 1974; KENT & WONG, 1982), obtido através da área e do perímetro de cada depósito de guano. O perímetro dos acúmulos de guano foi medido com o auxílio de um barbante marcado em escala milimétrica e colocado na margem do depósito.

Porcentagem de matéria orgânica e pH

A determinação do pH foi feita da seguinte forma: uma amostra de 10 gramas retirada de cada acúmulo de guano foi colocada em um frasco contendo 10 ml de água destilada e deionizada. Tais misturas foram homogeneizadas por 1 minuto. O pH das soluções obtidas foi calculado com o auxílio de um medidor de pH.

A porcentagem de matéria orgânica dos depósitos de guano foi determinada a partir da diferença entre peso da amostra antes e após a incineração em Mufla a 500°C por três horas. Alguns depósitos eram muito pequenos o que impossibilitou a obtenção do seu valor de matéria orgânica, visto que o material amostrado não foi suficiente para tal análise.

Foram feitas regressões lineares para se determinar a relação entre as variáveis testadas. Todas as variáveis que não apresentaram distribuição normal foram logaritmizadas (\log_{10}).

Para verificação da semelhança entre as comunidades associadas aos depósitos de guano foi calculado o índice de similaridade de Jaccard (WOLDA, 1981). Com base nos valores de similaridade entre os depósitos foi construído um dendrograma.

RESULTADOS

Os 24 depósitos de guano de morcego se encontravam distribuídos de 20,8 a 105,65 metros da entrada da caverna. Estes depósitos apresentaram área, pH, matéria orgânica, IDM (índice de desenvolvimento de margem), riqueza e diversidade de variáveis (Tab. 1).

Tabela 1. Características bióticas e abióticas das manchas de guano de *Desmodus rotundus*, Formação Bambuí, Sete Lagoas, MG. (Junho / 2002). IDM: índice de Desenvolvimento de Margem.

Depósitos	Distância da entrada (m)	Área (m ²)	pH	Média Matéria Orgânica (g)	IDM	Riqueza de invertebrados	Diversidade (H') de invertebrados
1	20,80	0,011	7,6	-	1,265	3	1,10
2	23,60	0,020	7,6	61,034 ± 1,968	1,157	7	1,58
3	28,50	0,014	7,7	42,541 ± 0,168	1,148	8	1,33
4	41,70	0,317	7,7	56,170 ± 1,835	1,193	5	1,22
5	49,40	0,020	6,7	48,025 ± 0,443	1,204	3	1,04
6	49,60	0,021	7,8	53,259 ± 2,298	1,204	4	1,39
7	53,40	0,045	7,5	-	1,117	3	0,42
8	61,70	0,068	6,4	46,498 ± 1,266	1,320	3	0,79
9	67,90	0,032	7,3	78,090 ± 7,090	0,964	7	1,51
10	83,40	0,017	5,8	57,184 ± 1,309	1,260	4	0,99
11	88,00	1,096	7,1	61,932 ± 1,453	1,057	9	1,59
12	88,20	0,046	4,6	53,621 ± 9,307	1,278	6	1,54
13	89,20	0,241	7,2	69,619 ± 1,666	1,062	6	1,47
14	90,50	0,060	7,9	62,284 ± 0,032	1,131	6	1,24
15	92,50	0,055	7,1	70,161 ± 0,751	1,324	4	1,12
16	90,30	0,040	7,1	71,422 ± 1,995	1,202	7	1,21
17	92,60	0,042	6,8	66,995 ± 6,487	1,251	3	1,06
18	96,20	0,015	7,5	83,959 ± 0,673	1,216	5	1,52
19	98,40	0,060	7,6	78,339 ± 13,297	1,883	4	0,73
20	99,00	0,017	6,7	63,955 ± 3,393	1,299	4	1,12
21	101,70	0,203	7,8	91,172 ± 4,381	1,160	6	1,70
22	105,20	0,035	6,8	80,332 ± 0,583	0,484	3	0,60
23	105,40	0,007	7,1	-	0,997	2	0,42
24	105,65	0,001	7,4	92,193 ± 5,703	3,979	4	1,12

Foram coletados 761 exemplares distribuídos em 23 morfoespécies das seguintes ordens: Acarina, Araneae, Collembola, Coleoptera, Diptera, Heteroptera, Hymenoptera, Isoptera e Lepidoptera, e também de anelídeos. As ordens Diptera, Acarina e Lepidoptera apresentaram o maior número de indivíduos coletados: 42,6%, 22,6% e 22,3% respectivamente, seguidos por Coleoptera, 6,7%; Hymenoptera, 3,3% e Collembola, 0,9%. As demais ordens totalizaram 1,6%.

Himenópteros, heterópteros e coleópteros mostraram uma redução nítida da abundância com o afastamento da entrada. Indivíduos das ordens Hymenoptera e Heteroptera foram encontrados apenas nos três primeiros depósitos. Os coleópteros foram encontrados até o sexto depósito e anelídeos até o nono depósito, enquanto que isópteros foram capturados apenas no último depósito. Os demais grupos estavam distribuídos ao longo de toda área amostrada. Foi observada a ocor-

rência de grande número de larvas, sendo que 5 das 8 morfoespécies da ordem Diptera e as 2 morfoespécies de Lepidoptera eram larvas (Tab. 2).

Tabela 2. Riqueza e abundância dos táxons encontrados nas manchas de guano de *Desmodus rotundus*, Formação Bambuí, Sete Lagoas, MG. (Junho / 2002).

Táxon	Riqueza	Abundância
Acarina	3	172
Araneae	3	3
Anellida	1	7
Collembola	1	7
Coleoptera	2	51
Diptera	3	99
Diptera (larvas)	5	225
Heteroptera	1	1
Hymenoptera	1	25
Isoptera	1	1
Lepidoptera (apenas larvas)	2	170
Riqueza total: 23		Abundância total: 761

A partir de regressões entre IDM e área do depósito inferiu-se que os depósitos de maior área tendem a apresentar formas mais regulares com bordas menos recortadas (Fig. 1 - $F_{1,22}=4.5297$; $R= -0.4132$; $p<0.04476$). Além disso, observou-se que os depósitos mais distantes da entrada tendem a apresentar maior porcentagem de matéria orgânica (Fig. 2 - $F_{1,19}=13.542$; $R=0.645$; $p<0.00159$).

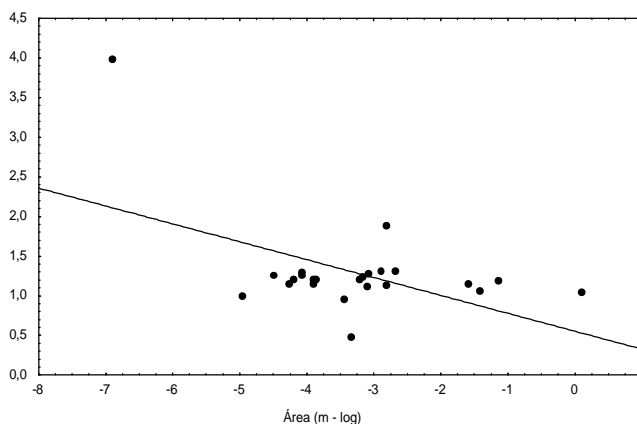


Figura 1. Relação entre IDM e a área dos depósitos de guano de *Desmodus rotundus*, Formação Bambuí, Sete Lagoas, MG. (Junho / 2002). IDM: índice de desenvolvimento de margem.

Dos 24 depósitos analisados 17 apresentaram pH ácido (Tab 1). O pH e a porcentagem de matéria orgânica presente no guano não apresentaram relação significativa com a riqueza e a diversidade das comunidades associadas.

O dendrograma resultante da similaridade entre os depósitos de guano (Fig. 4) mostra que 18 dos 24 acúmulos apresentaram similaridade de espécies igual ou superior a 50%. O depósito mais próximo à entrada, o de número 1, mostrou-se mais isolado em relação aos demais, sendo seguido pelos depósitos de números 10 (dez) e 2 (dois).

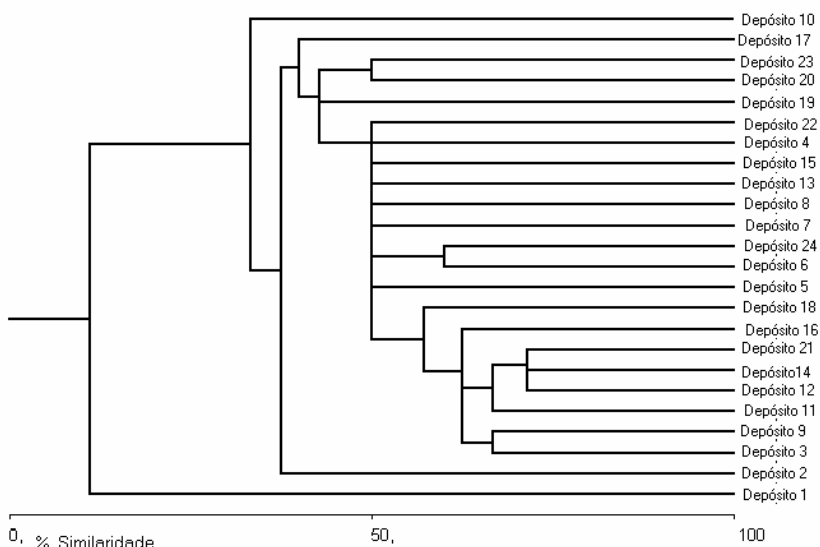


Figura 4. Similaridade de comunidades de invertebrados entre os depósitos de guano de *Desmodus rotundus*, Formação Bambuí, Sete Lagoas, MG. (Junho / 2002).

DISCUSSÃO

A caverna Mil Pérolas é atingida por enxurradas sazonais que lavam os depósitos de guano encontrados no piso, o que interrompe os processos sucessionais. Estes são reiniciados com as novas deposições de guano o que explica o fato de não terem sido encontrados depósitos muito velhos. A elevada porcentagem de dípteros (42,6%) encontrada nos depósitos de

guano da caverna não concorda com os resultados encontrados por inúmeros autores, que apontam Acarina como a ordem mais diversificada e abundante em guano (DECOU & DECOU 1964, POULSON 1972, DECOU *et al.* 1974, DECU & TUFESCU 1976, MARTIN 1976, STRINATI 1982, GNASPINI-NETTO 1989, FERREIRA & POMPEU 1997, FERREIRA *et al.* 2000). Tal situação pode ser explicada pelo fato de que Acarina é um grupo muito encontrado em depósitos mais antigos enquanto Diptera é mais freqüente naqueles recém-depositados, como os encontrados nesta cavidade (FERREIRA & MARTINS, 1999).

Os resultados de variação de riqueza das comunidades de guano com relação à distância da entrada da caverna concordam com aqueles registrados por FERREIRA *et al.* (2000). O fato de não ter sido observado nenhuma relação entre diversidade e riqueza com as distâncias dos depósitos até a entrada da caverna e com a porcentagem de matéria orgânica não significa que os fatores distância e matéria orgânica não estejam influenciando a comunidade, uma vez que poderiam estar "mascarando" os efeitos um do outro. Desta forma, depósitos mais próximos à entrada seriam mais facilmente colonizados, principalmente por espécies troglóxenas, do que aqueles depósitos mais distantes. Entretanto, a porcentagem de matéria orgânica nos depósitos aumenta com a distância da entrada da caverna, tornando tais depósitos mais atrativos, o que conseqüentemente aumentaria a possibilidade de colonização destes.

O tamanho das populações presentes em depósitos fecais tende a ser proporcional à quantidade do recurso disponível (DOUBE *in* GEE & GILLER, 1986). Entretanto, se há uma elevada deposição de guano, o mesmo pode se acumular, não sendo totalmente consumido. Nestes casos, flutuações numéricas nas populações presentes em guano podem estar mais ligadas à "qualidade" do que à quantidade deste recurso (DECU, 1986). Por outro lado, depósitos com maiores áreas provavelmente abrangem uma maior diversidade de microhabitats, o que pode refletir uma maior quantidade de taxas associados a tais biótopos, como encontrado neste e em outros estudos (FERREIRA & POMPEU, 1997; FERREIRA *et al.* 2000).

A ausência de relação entre o índice de desenvolvimento de margem (IDM) dos depósitos com a riqueza e a diversidade das comunidades associadas pode ser explicada pelo

fato de que provavelmente muitas espécies de invertebrados destas comunidades possuem quimiotaxia, que favorece o encontro dos depósitos através de odores, como encontrado por FERREIRA & MARTINS (2000). Se a colonização dos depósitos se desse exclusivamente por encontro casual, esperaríamos encontrar uma correlação significativa entre os parâmetros anteriormente citados, uma vez que depósitos mais dendríticos seriam mais facilmente encontrados e colonizados que depósitos mais arredondados de área similar.

Quanto ao pH o guano fresco é alcalino, tendendo à acidificação com o passar do tempo, devido à sua fermentação amoníaca (HUTCHINSON, 1950). Depósitos de guano não são, entretanto, sistemas completamente fechados, estando participando tanto de processos biológicos gerais como de processos químicos e físicos inerentes ao ambiente cavernícola como um todo. Desta forma, a utilização do pH pode não ser, às vezes, um bom indicador do tempo de deposição do guano (FERREIRA *et al.*, 2000). Em muitos casos, o pH de depósitos velhos pode tornar-se alcalino, já que, com o tempo, ocorre seu biorrevolvimento, que faz com que o guano misture-se ao solo alcalino adjacente. Depósitos velhos sobre espeleotemas podem, ainda, estar contínua ou esporadicamente em contato com águas carbonáticas de percolação, que podem aumentar o pH destes depósitos. Mas, nenhum destes dois processos foi encontrado na caverna estudada e então o fato dos depósitos apresentarem valores de pH ácido indicam que realmente são recentes.

A composição físico-química é, usualmente, um importante determinante da riqueza e abundância dos organismos colonizadores de um depósito de matéria orgânica (CORNABY, 1974; DENNO & COTHRAN, 1976; KUUSELA & HANSKY, 1982; KNEIDEL, 1984 a,b). O fato de não se ter encontrado relação significativa entre os valores de pH dos depósitos com a riqueza e a diversidade das comunidades associadas deve-se, provavelmente, ao fato dos invertebrados componentes destas comunidades poderem exibir tolerância por determinada faixa de pH (FERREIRA *et al.*, 2000), uma vez que esta variou pouco (Tab. 1).

A porcentagem de matéria orgânica também parece reduzir à medida que um depósito de guano envelhece. Porém, como o pH, esta variável também não deve ser usada como indicadora de tempo de deposição do guano em qual-

quer situação. Depósitos antigos podem eventualmente manter-se em níveis relativamente homogêneos ou mesmo aumentar a porcentagem de matéria orgânica, caso alguns organismos deixem sobre eles exúvias ou cadáveres (FERREIRA *et al.*, 2000) fato não observado neste trabalho.

A distribuição dos diferentes táxons no interior da caverna mostrou-se variada, fato devido provavelmente à biologia de cada grupo como veremos a seguir. As situações encontradas não serão tratadas como "padrões" devido principalmente à realização de apenas uma coleta. Caso as tendências encontradas se repetissem ao longo do tempo, seriam definidos padrões de distribuição.

Isópteros foram encontrados apenas no último depósito, o que pode ser reflexo da preferência por locais mais úmidos e temperaturas menos variáveis. A umidade e a temperatura em cavernas tendem a mostrar-se extremamente constantes em regiões afastadas das entradas (BARR & KUEHNE 1971), de forma que, mesmo não tendo sido medidas estas variáveis na gruta Mil Pérolas, elas provavelmente tendem a seguir este princípio geral.

Himenópteros, heterópteros e coleópteros mostraram uma redução nítida da abundância com o afastamento da entrada. A distribuição de himenópteros, heterópteros e coleópteros apenas nos depósitos mais próximos da entrada pode dever-se à permanência preferencial de ninfas desses táxons nestas regiões, uma vez que, quando adultos, estes indivíduos provavelmente deixam a caverna. Outra explicação pode ser o fato de os depósitos serem jovens e, por uma questão de tempo, nem todos eles foram ainda colonizados por tais taxa. A grande abundância de larvas de dípteros e de lepidópteros presentes no guano é mais um indício de que se tratam de depósitos novos uma vez que estes grupos, em estágio larval, são freqüentes em guano fresco do qual se alimentam (GNASPINI-NETTO, 1989).

A similaridade de espécies encontrada neste trabalho foi alta, uma vez que 18, dos 24 depósitos, apresentaram valores iguais ou superiores a 50%. O depósito mais próximo à entrada se mostrou mais isolado dos demais. No entanto tal fato não pode ser explicado como sendo influenciado pelos fatores abióticos, uma vez que este depósito não apresenta valores de pH, porcentagem de matéria orgânica, área, distância da en-

trada da caverna e IDM diferentes de outros depósitos com maiores similaridades. O mesmo se aplica aos depósitos 2 e 10, que também se mostraram muito isolados dos demais.

A compreensão do guano enquanto substrato efêmero é válida, uma vez que cessada a sua deposição, o mesmo tende a se exaurir como recurso. A perda da qualidade do guano como recurso parece estar mais ligada à mineralização de compostos orgânicos com o envelhecimento do depósito do que ao próprio consumo (FERREIRA *et al.*, 2000) uma vez que, como discutido anteriormente, a quantidade de guano parece não ser um fator limitante para as comunidades.

Comunidades associadas a recursos efêmeros foram bem caracterizadas na literatura (DIAMOND & CASE, 1986; DOUBE *em* GEE & GILLER, 1986). Tais comunidades tendem a exibir estruturas e dinâmicas semelhantes, sendo o alimento, o principal recurso limitante. A principal semelhança entre comunidades de guano e as associadas a outros recursos efêmeros talvez seja a composição de espécies. Comunidades de guano tendem a apresentar uma diversificada guilda de detritívoros, que por sua vez são consumidos por inúmeras espécies de predadores, como em outros substratos efêmeros. Segundo DOUBE *in* GEE & GILLER, (1986) grupos animais mais comumente encontrados em guano são os mesmos presentes em carcaças, outros depósitos de fezes ou outros recursos efêmeros. Outro ponto comum com comunidades de outros recursos efêmeros, de acordo com este mesmo autor, é o fato de que as atividades dos membros das comunidades não interferem no suprimento do recurso, por exemplo como em sistemas planta-herbívoros, fazendo com que estas comunidades sejam, em geral, menos complexas que as associadas a recursos não efêmeros (DOUBE *in* GEE & GILLER, 1986).

As comunidades de invertebrados associadas a depósitos de guano de morcegos, mesmo estruturadas sobre um recurso "efêmero", mostram algumas diferenças de comunidades "convencionais" associadas a recursos efêmeros. A quantidade de guano para comunidades associadas, ao contrário de outras comunidades, não é o principal fator limitante, uma vez que as flutuações encontradas em populações de guano parecem estar mais ligadas à qualidade do que à quantidade do recurso (DECU, 1986; FERREIRA *et al.*, 2000).

A competição pelo recurso (principalmente explorativa) colocada como a principal pressão sobre comunidades em recursos efêmeros (DIAMOND & CASE, 1986; DOUBE *in* GEE & GILLER, 1986) parece não ser a principal determinante da dinâmica em comunidades de guano. Uma vez que o recurso não é limitante, a competição torna-se uma fraca influência no que diz respeito às comunidades de guano.

Finalmente, a considerável diversidade de grupos encontrados nesta caverna demonstra claramente a importância do guano de morcegos para a manutenção da integridade biológica da gruta Mil Pérolas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARR, T.C. & R.A. KUEHNE. 1971. Ecological studies in the Mammoth Cave ecosystems of Kentucky. II. The ecosystem. **Annales de Spéléologie** **26**: 47-96.
- BARBOUR, C.D. & J.M. BROWN. 1974. Fish species diversity in lakes. **American Naturalist**, **108**: 473-489.
- BERNARTH, R.F. & T.H. KUNZ. 1981. Structure and dynamics of arthropod communities in bat guano deposits in buildings. **Canadian Journal of Zoology**, **59**, 260-270.
- CORNABY, B.W. 1974. Carrion reduction by animals in contrasting tropical habitats. **Biotropica**, **6**: 51-63.
- CULVER, D.C. 1982. **Cave Life**. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts and London, England. 189p.
- DECOU, A. & V. DECOU. 1964. Recherches sur la synusie du guano des grottes d'Olténie et du Banat (Roumanie)(Note préliminaire). **Annales de Spéléologie**, **19**(4), 781-797.
- DECOU, V.G.; A. NEGREA, & S. NEGREA. 1974. Une oasis biospéologique tropicale développée dans une région tempérée: "Pestera lui Adam" de Baile Herculane (Carpatés méridionales, Roumanie). **Travail du Institut de Spéologie "Emile Racovitza"**, **13**, 81-103.
- DECU, V. 1986. Some considerations on the bat guano synusia. **Travail du Institut de Spéologie "Emile Racovitza"**, **25**, 41-51.
- DECU, V. & M.V. TUFESCU. 1976. Sur l'organisation d'une biocénose extrême: la biocénose du guano de la grotte "Pestera lui Adam" de Baile Herculane (Carpatés Méridionales, Roumanie). **Travail du Institut de Spéologie "Emile Racovitza"**, **15**: 113-132.
- DENNO, R.F. & W.R. COTHRAN. 1976. Competitive interaction and ecological strategies of sarcophagid and calliphorid flies inhabiting rabbit carrion. **Annals of the Entomological Society of America**. **69**: 109-113.
- DIAMOND, J., & T.J. CASE. 1986. **Community ecology**. New York, 665p.
- DOUBE, B.M. 1986. Spatial and temporal organization in communities associated with dung pads and carcasses, pp 225-280. *In* Gee, J.H.R., & Giller, P.S.(eds.). **Organization of communities past and present**. Oxford.
- FERREIRA, R.L. & P.S. POMPEU. 1997. Fatores que influenciam a riqueza e a diversidade da fauna associada a depósitos de guano na gruta Taboa, Sete

- Lagoas, Minas Gerais, Brasil. **O Carste**, **2** (9), 30-33.
- FERREIRA, R.L. & R.P. MARTINS. 1999. Guano de morcegos: fonte de vida em cavernas. **Ciência Hoje**, **25**(146):34-40.
- FERREIRA, R.L. & R.P. MARTINS. 1998. Diversity of Spiders Associated with Bat Guano Piles in Morrinho Cave (Bahia State, Brazil). **Diversity and Distributions**, **4**:235-241.
- FERREIRA, R.L.; R.P. MARTINS & D.YANEGA. 2000. Ecology of bat guano arthropod communities in a Brazilian dry cave. **Ecotropica**, **6**(2):105-116.
- GILBERT, J.; D.L. DANIELPOL & J.A. STANFORD. 1994. **Groundwater Ecology**. Academic Press Limited, San Diego, California. 571p.
- GNASPINI, P. & E. TRAJANO. 1998. Guano communities in tropical caves. Case study: Brazilian caves. In: Wilkens, H., Culver, D. C. & Humphries, F. (eds.). **Ecosystems of the World. Subterranean Biota**. Elsevier Science, Amsterdam, pp 251-268.
- GNASPINI-NETTO, P. 1989. Fauna associated with bat guano deposits from Brazilian caves (a comparison). **Proceedings of the 10th International Congress of Speleology, Budapest**, pp. 52-54.
- HERRERA, F.F. 1995. Las comunidades de artropodos del guano del guácharos en la cueva del guácharo, Venezuela. **Boletim da Sociedade Venezuelana de Espeleologia**, **29**, 39-46.
- HOLSINGER, R. & D.C. CULVER. 1988. The Invertebrate Cave Fauna of Virginia and a Part of Eastern Tennessee: Zoogeography and Ecology. **Brimleyana**, **14**:1-162.
- HUTCHINSON. 1950. Vertebrate Excretion (Cave Guano). **Bulletin American Museum of Natural History**, **96**: 381-485.
- KENT, C. & J. WONG. 1982. Na index of litoral zone complexity and its measurement. **Canadian Journal of Fish Aquatic Science**, **39**: 847-853.
- KNEIDEL, K.A. 1984a. Competition and disturbance in communities of carrion breeding Diptera. **Journal of Animal Ecology**, **53**: 849-865.
- KNEIDEL, K.A. 1984b. The influence of carcass taxon and size on species composition of carrion breeding Diptera. **The American Midland Naturalist**, **111**: 57-63.
- KUUSELA, S. & I. HANSKI. 1982. The structure of carrion fly communities: the size and the type of carrion. **Holarctic Ecology**, **5**: 337-348.
- MARTIN, B. 1976. The Influence of Patterns of Guano Renewal on Bat Guano Arthropod Communities. **Cave Research Foundation Annual Report**, pp. 36-42.
- POULSON, T. L. & W. B. WHITE. 1969. The Cave Environment. **Science** **165**, 971.
- POULSON, L.T. 1972. Bat guano ecosystems. **Bulletin of the National Speleological Society**, **34**(2), 55-59.
- STRINATI, P. 1982. Recherches sur la faune du guano. **Actes du 7º Congrès National de Spéléologie**, pp. 65-67.
- WOLDA, H. (1981). Similarity indices, samples size and diversity. **Oecologia**, **50**:296-302.
- ZAR, J.H. 1996. **Biostatistical Analysis**. 3rd Edition. Prentice Hall, New Jersey, 662p.

Recebido: 09/01/04
Aceito: 03/05/05