



THAIS GIOVANNINI PELLEGRINI

**VARIAÇÕES NA DIVERSIDADE DE
INVERTEBRADOS NA LAPA NOVA, VAZANTE,
MINAS GERAIS:
IMPLICAÇÕES PARA O PLANO DE MANEJO DA
CAVIDADE.**

LAVRAS – MG

2011

THAIS GIOVANNINI PELLEGRINI

**VARIAÇÕES NA DIVERSIDADE DE INVERTEBRADOS NA LAPA
NOVA, VAZANTE, MINAS GERAIS:
IMPLICAÇÕES PARA O PLANO DE MANEJO DA CAVIDADE.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração Ecologia e Conservação de Recursos em Paisagens Fragmentadas e Agrossistemas, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Rodrigo Lopes Ferreira

LAVRAS – MG

2011

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Pellegrini, Thais Giovannini.

Variações na diversidade de invertebrados na Lapa Nova,
vazante-MG : implicações para o plano de manejo da cavidade /
Thais Giovannini Pellegrini. – Lavras : UFLA, 2011.

163 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Rodrigo Lopes Ferreira.

Bibliografia.

1. Fauna. 2. Caverna. 3. Conservação. 4. Guano. I. Universidade
Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 574.5264

THAIS GIOVANNINI PELLEGRINI

**VARIAÇÕES NA DIVERSIDADE DE INVERTEBRADOS NA LAPA
NOVA, VAZANTE, MINAS GERAIS:
IMPLICAÇÕES PARA O PLANO DE MANEJO DA CAVIDADE.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração Ecologia e Conservação de Recursos em Paisagens Fragmentadas e Agrossistemas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 23 de fevereiro de 2011.

Dr. Rogério Parentoni Martins UFC

Dr. Júlio Neil Cassa Louzada UFLA

Dr. Rodrigo Lopes Ferreira
Orientador

LAVRAS – MG

2011

Aos meus pais, Caio e Marisa, por terem me ensinado os verdadeiros valores da vida, sempre me apoiando e proporcionando condições para a realização deste trabalho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Rodrigo Lopes (Drops), pela orientação, conselhos, amizade e momentos de descontração. Por me ter mostrado o verdadeiro mundo subterrâneo, instigando a vontade de desvendá-lo e superar os próprios medos. Acima de tudo, me ensinou a ter amor e respeito por esse sistema único.

Ao Marconi Souza Silva (Tó), pelas ideias na elaboração do projeto e descontrações em campo.

Aos guias de Lapa Nova, Severino, Nilson e Nivaldo, pelo cafezinho da tarde, levado quentinho e com carinho sempre no meio da tarde, tornando mais prazerosas as horas de intenso trabalho na caverna. Pelas horas de conversa e descontração.

Aos colegas de trabalho, Leopoldo Bernardi (Porda), pelos conselhos e as horas intermináveis despendidas ao meu lado, me ensinando e surpreendendo sobre seres minúsculos, quase invisíveis, que são os ácaros.

À Érica Taylor (Teta), pela amizade, as madrugadas insanas passadas na UFLA, devaneios sobre a vida e danças no laboratório para descontrair.

À Maysa Souza (Xucra), pelas coletas em campo, me salvando das baratas e identificação dos Palpígrades. À Marcela Alves (Cofap), pelo auxílio na contagem dos milhares de ácaros e acima de tudo pela amizade. À Dani, pela companhia diária no laboratório, sempre de bom humor e também pela identificação dos Pseudoscorpiones.

À Thaís O. do Carmo, pela identificação dos Psocópteras.

Aos alunos e professores do curso de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, em especial ao Vítor Hugo (Toru), pela amizade, os vários momentos de descontração, conversas, e por fazer parte das madrugadas de trabalho na UFLA.

Em especial ao meu noivo Paulo Pompeu, pelo carinho e compreensão, por estar sempre ao meu lado nos momentos mais difíceis deste último ano, uma pessoa que admiro pelo caráter e força de superação, para transpor os percalços da vida que, por diversas vezes, parecem insuperáveis. Pelos conselhos e força para continuar em frente nos momentos em que tudo parecia estar perdido. Acima de tudo, pelo amor incondicional.

A toda a minha família, pai (Caio), mãe (Marisa), irmão (Thiago), cunhada (Bárbara) e avó (Emilse), por darem força e acreditarem em mim, oferecendo as melhores condições para permitir a realização desse mestrado. Aos meus tios Sérgio e Simone, e afilhadas Clara e Júlia, por me darem todo o suporte necessário em Lavras.

Por fim, à Universidade Federal de Lavras, todo o Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada e à FAPEMIG, por ter concedido uma bolsa de estudos para a realização deste trabalho

RESUMO

Lapa Nova é uma caverna dolomítica que se localiza em Vazante, Minas Gerais. É uma caverna de dimensões consideráveis, com 4,5 quilômetros, ocupando posição de destaque das maiores cavernas brasileiras, 35º lugar. Possui uso turístico-religioso, através do qual, milhares de turistas visitam a caverna durante a Festa em Louvor a Nossa Senhora da Lapa. A fauna de invertebrados associados a esta caverna se mostrou bastante rica, sendo representada por 218 espécies. Riqueza e diversidade diminuíram consideravelmente do período de chuva para o de seca. A complexidade foi mais elevada no período de seca, variando de 14,3 a 16,9, atingindo valores nunca antes registrados em cavernas brasileiras. Foram amostradas ainda variações sofridas na comunidade em função de seu uso turístico/religioso. Populações que residem em regiões de visitação mais intensa sofrem mudanças em sua distribuição após a Festa em Louvor a Nossa Senhora da Lapa. Estes se deslocam para locais periféricos à área visitada, que funcionam como refúgios para os invertebrados. A partir desses resultados, foi proposto um plano de manejo adequado ao uso da cavidade. Este consiste basicamente na delimitação de uma rota de caminamento para os turistas, isolando locais de grandes adensamentos populacionais. Foi dada especial atenção aos locais de ocorrência de espécies troglóbias e de aranhas marrons (*Loxosceles variegata*), espécie de importância médica. Foi proposta ainda uma metodologia diferenciada para a amostragem de um grande depósito de guano. Parâmetros físico-químicos do guano (pH, umidade, matéria orgânica, nitrogênio e fósforo) foram correlacionados com variáveis bióticas. A umidade foi o parâmetro que mais influenciou os padrões de distribuição e número de indivíduos das espécies mais abundantes. Por fim, foi elaborada a representação de uma teia trófica das espécies mais abundantes no guano, baseada em dados da literatura, correlação entre as espécies, preferências por micro-habitats e proporções de abundância das populações.

Palavras-chave: Caverna. Uso turístico. Comunidade de invertebrados. Guano de morcegos. Ecologia.

ABSTRACT

Lapa Nova is a dolomitic cave that is located in Vazante, Minas Gerais. The cave is quite large, with 4.5 kilometers, occupying a prominent position, 35th place, among the largest Brazilian caves. Lapa Nova is a tourist-religious use cave, through which thousands of tourists visit during the Festa em Louvor a Nossa Senhora da Lapa (Feast in Honor of Our Lady of Lapa). The associated invertebrate fauna of this cave was shown quite rich, being represented by 218 species. Richness and diversity decreased considerably from the rainy season to the dry. The complexity was higher in the dry period, varying from 14.3 to 16.9, reaching values never before registered in Brazilian caves. Variations in the community in function of the tourist-religious use were also sampled. Populations that live in areas of more intense visitation suffer changes in their distribution after the Feast. These move from the visited area to outlying places that serve as refuge for the invertebrates. From these results, a management plan appropriate for the use of the cave was proposed that basically consists of the delimitation of a tourist hiking trail, isolating high population density areas. Special attention was given to the places of occurrence of troglobite species and brown spiders (*Loxosceles variegata*), species of medical importance. A differentiated methodology was also proposed for the sampling of a large guano deposit. Physiochemical parameters of the guano (pH, humidity, organic matter, nitrogen and phosphorus) were correlated with biotic variables. The humidity was the parameter that most influenced the distribution patterns and number of individuals of the most abundant species. Finally, the representation of a trophic web of the most abundant species in the guano was elaborated, based on literature data, correlation among species, micro-habitat preference and population's abundance proportions.

Keywords: Cave. Touristic. Invertebrate community. Bat guano. Ecology.

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	
1	INTRODUÇÃO	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1	<i>Características gerais do ambiente subterrâneo</i>	11
2.2	<i>Aporte de recursos alimentares</i>	15
2.3	<i>Uso turístico e religioso de cavernas</i>	19
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	21
4	OBJETIVOS	26
5	HIPÓTESES	27
	REFERÊNCIAS	28
	SEGUNDA PARTE - ARTIGOS	33
	ARTIGO 1 - Variações estacionais na estrutura da comunidade de invertebrados em Lapa Nova	34
	ARTIGO 2 - Alterações na comunidade de invertebrados em virtude do uso turístico/religioso de Lapa Nova	62
	NOTA CIÊNÉTICA 1 - A importância do emprego de metodologias diferenciadas para se obter uma amostragem mais eficiente de sistemas cavernícolas	100
	ARTIGO 3 - Variações na estrutura da comunidade associada a um depósito de guano e sua interface com o solo adjacente	110
	NOTA CIÊNÉTICA 2 - Eficiência de amostragem em comunidades de ácaros associados ao guano de morcegos cavernícolas	154

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi oriundo dos estudos realizados com o objetivo de produzir o plano de manejo da caverna Lapa Nova. Inicia-se com o Referencial Teórico, onde se buscou caracterizar o ambiente subterrâneo, a partir de referências presentes na literatura, dando um maior enfoque em questões concernentes ao uso turístico das cavidades bem como os recursos orgânicos presentes. Em seguida é apresentada a hipótese geral da dissertação e a caracterização da área de estudo, onde foram abordados os principais aspectos de uso e condições atuais da região.

A segunda parte corresponde aos artigos da dissertação. No primeiro, buscou-se caracterizar a comunidade de invertebrados associados à caverna Lapa Nova, e entender as diferenças na sua estrutura quando comparados os períodos de seca e chuva. O segundo artigo aborda as alterações da comunidade de invertebrados em virtude do uso turístico/religioso da cavidade, bem como a elaboração de um plano de manejo adequado para o seu uso. Em seguida tem-se um nota científica que compreende um estudo de caso sobre a importância de se aplicar uma metodologia diferenciada de amostragem de invertebrados em grandes acúmulos de substâncias orgânicas em uma cavidade. O terceiro artigo caracteriza a comunidade de invertebrados associada a um grande depósito orgânico, bem como os padrões de distribuição populacionais em seu interior como um mosaico em função de padrões físico-químicos do recurso. Por fim, a segunda nota científica trata do esforço amostral necessário para se obter valores confiáveis de riqueza e abundância de uma comunidade associada a um grande depósito de guano.

Ressalta-se que como a dissertação foi estruturada na forma de artigos científicos, algumas informações apresentadas no Referencial Teórico ou na Área de Estudo foram repetidas em cada capítulo quando necessário.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Características gerais do ambiente subterrâneo

Em todos os ambientes subterrâneos, a amplitude da variação dos parâmetros ambientais, especialmente temperatura, tende a ser menor do que a que se encontra no ambiente externo circundante (BAR; KUEHNE, 1971; POULSON; WHITE, 1969;). Outra condição peculiar das cavernas é a total falta de luz, e esta condição exerce uma forte pressão evolutiva sobre as espécies além de funcionar como uma grande barreira à colonização deste ambiente por organismos epígeos (CULVER; PIPAN, 2009).

Poulson e White (1969) já mencionavam, há décadas, a utilização de cavernas como laboratórios naturais. Além disso, Harris (1970) sugeriu que a condição de relativa estabilidade encontrada nestes ambientes, aliada ao fato de as comunidades cavernícolas serem comparativamente simplificadas, facilitaria o estudo de problemas ecológicos e evolutivos.

Entretanto, essa estabilidade ambiental não é homogênea por toda a extensão de uma caverna. Com a utilização de instrumentos mais sofisticados de monitoramento, especialmente aqueles que possibilitam a medida de múltiplos parâmetros, pode-se detectar certa variabilidade ambiental (ROMERO, 2009). A estabilidade varia entre diferentes cavernas, de acordo com suas condições físicas e morfológicas, principalmente no que diz respeito à região de entrada. Entradas maiores tendem a conferir às cavernas, uma menor estabilidade ambiental, já que possuem maior conexão com o meio epígeo (FERREIRA, 2004). A estabilidade também varia de acordo com a região climática na qual essa caverna se insere. Cavernas de regiões temperadas costumam apresentar uma maior sazonalidade quando comparadas a cavernas tropicais (MITCHELL, 1969). Estas diferenças de estabilidade determinam diferenças nos padrões de

distribuição e abundância das populações associadas ao ambiente cavernícola (ROMERO, 2009).

A estabilidade de comunidades biológicas está ligada não somente à estabilidade dos ambientes ao qual se associam. Muitos autores sugerem que a complexidade dos ecossistemas, incluindo o número de interações interespecíficas, gera estabilidade (MCCANN, 2000; PIMM, 1984; YODZIS, 1981;).

Foi seguindo essa perspectiva que Ferreira (2004) propôs o Índice de Complexidade Ecológica para cavernas. Para chegar nesse índice, o referido autor baseou-se em três variáveis fundamentais: a riqueza de espécies, a equitabilidade e a distribuição espacial das diferentes populações que compõem a comunidade. Considerou-se que o incremento nos valores destas variáveis eleva o número de potenciais interações entre as espécies.

Apesar das condições, muitas vezes restritivas, encontradas em cavernas, existe uma grande variedade de organismos que podem ser observados nestes ambientes. No entanto, para sobreviverem neste ecossistema tão peculiar, é necessário que possuam uma série de pré-adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais. Grupos que apresentam preferências por habitats úmidos, sombreados, e dieta generalista são potencialmente aptos a colonizarem e se estabelecerem em cavernas. De acordo com o grau de especialização dos organismos ao modo de vida subterrânea, Schiner e Racovitza propuseram, em 1907, uma classificação dos organismos cavernícolas. Este sistema foi posteriormente foi modificado por Holsinger e Culver (1988):

1. Os *troglóxenos* são regularmente encontrados no ambiente subterrâneo, mas saem obrigatoriamente das cavernas para completarem seu ciclo de vida. Ocorrem preferencialmente nas proximidades das entradas, mas eventualmente grandes populações de troglóxenos podem ocorrer em locais mais

interiores. Desta forma, muitos destes organismos atuam como importadores de energia do meio epígeo, sendo frequentemente os principais responsáveis pelo fluxo energético em sistemas cavernícolas, principalmente em cavernas permanentemente secas.

2. Os *troglófilos* são capazes de completar seu ciclo de vida no meio hipógeo e/ou epígeo. Neste último, os troglófilos geralmente ocorrem em ambientes úmidos e sombreados. Certas espécies podem, ainda, serem troglófilas sob certas circunstâncias e troglóxenas em outras (e.g. cavernas com baixa disponibilidade de alimento).

3. Os *troglobios* são restritos ao ambiente cavernícola. Estes organismos podem apresentar diversos tipos de especializações (morfológicas – e.g. redução das estruturas oculares, despigmentação e alongamento de apêndices - 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.

Existe ainda uma quarta categoria que também deve ser considerada. Leruth (1939) propôs o termo *accidental* para as espécies introduzidas involuntariamente. Eles não possuem nenhum tipo de especialização ao meio cavernícola, mas do ponto de vista ecológico são importantes. Por não serem adaptados a esse ambiente, esses animais morrem no interior das cavernas, constituindo uma importante fonte de matéria orgânica. Muitos accidentais compreendem anuros, serpentes, alguns mamíferos, dentre outros.

Reconhecendo-se que as categorias propostas pelo sistema de Schiner-Racovitza foram definidas a partir de parâmetros ecológicos, Christiansen (1962) propôs um termo baseado em características morfológicas que surgem de convergências adaptativas apresentadas pelos organismos restritos ao ambiente cavernícola – os *trogloformas*. Esta convergência morfológica é caracterizada pela perda de alguns caracteres (redução ocular, pigmentos, e

quitina em artrópodes) e ganho de outros (aumento de estruturas sensoriais, alongamento de apêndices e aumento do volume de ovos). Convergências morfológicas são mais evidentes, tornando o troglomorfo fácil de ser identificado. Mas o que o torna ao mesmo tempo interessante e confuso é que nem todo troglóbio é necessariamente troglomórfico. Espécies que se encontram recentemente isoladas em uma caverna podem ainda não ter tido tempo de desenvolver caracteres troglomórficos ou podem sobreviver em ambientes subterrâneos onde as pressões seletivas não levaram ao troglomorfo (CULVER, 1982). Por exemplo, espécies que vivem em depósitos de guano em cavernas em geral não apresentam troglomorfismos (CULVER; PIPAN, 2009). O contrário também é verdade, nem todas as espécies consideradas troglomórficas são verdadeiros troglóbios. Por exemplo, as traças pertencentes à família Nicoletidae são sempre brancas e anoftálmicas, mesmo quando encontradas no meio epígeo.

Populações de organismos de diferentes espécies presentes em cavernas, provenientes de categorias evolutivas distintas, agrupam-se constituindo comunidades distintas (embora interativas, em maior ou menor grau). Tais comunidades podem ser aquáticas ou terrestres. As aquáticas associam-se a lençóis freáticos ou cursos d'água, e tendem a se distribuir por todo o volume de água, desde que existam nutrientes.

As comunidades terrestres, por sua vez, podem ser divididas em para-epígeas, recurso-espaco-dependentes ou recurso-espaco-independentes (FERREIRA; MARTINS, 2001). As comunidades para-epígeas são compostas por espécies que vivem de preferência junto às entradas da caverna (zona de ecótono). São comuns espécies que vivem dentro ou fora das cavernas, pois a entrada é uma área de transição entre os dois ambientes (PROUS; FERREIRA; MARTINS, 2004). As comunidades recurso-espaco-dependentes apresentam espécies que vivem em áreas internas, mas apenas onde há recursos, limitando-

se ao espaço onde se concentra o recurso. Incluem em geral pequenos organismos de mobilidade limitada, incapazes de percorrer periodicamente grandes extensões atrás de alimento. Já as comunidades recurso-espaço-independentes são formadas por organismos capazes de se deslocar por grandes espaços em busca de alimento. São constituídas por organismos maiores, sendo que a maioria dos invertebrados encontrados em cavernas faz parte dessa comunidade.

Invertebrados pertencentes a vários grupos taxonômicos podem ser encontrados em cavernas e sua distribuição no meio hipógeo pode ser influenciada por inúmeros fatores, mas dentre eles a disponibilidade de recursos alimentares é muito importante (FERREIRA; MARTINS, 1998).

A utilização de cavernas como laboratórios naturais é possível somente a partir do momento que se compreenda muito bem os padrões ecológicos existentes no ambiente em estudo. Entretanto, a bioespeleologia é considerada uma ciência emergente, e muito do que se conhece hoje é proveniente de estudos realizados no século XX. Tendo em vista o grande número de cavidades naturais subterrâneas do Brasil, percebe-se que são necessários muitos estudos para se alcançar esse conhecimento. Alguns estudos concernentes à fauna cavernícola brasileira, publicados nos últimos anos, têm revelado interessantes padrões de diversidade e evolução de inúmeros grupos, subsidiando assim, a conservação dos ambientes subterrâneos (e.g. FERREIRA, 2004; TRAJANO, 2000; XAVIER; FERREIRA; MARTINS, 2004).

2.2 Aporte de recursos alimentares

A total falta de luz observada em cavernas leva à ausência de organismos fotossintetizantes. Em alguns casos raros, microorganismos podem obter energia a partir de transformações químicas de moléculas inorgânicas, como por exemplo, o ferro e o enxofre que funcionam como doadores de

elétrons (CULVER, 1982; ENGEL, 2005). Por este motivo, há o predomínio de organismos decompositores em comunidades cavernícolas, uma vez que toda a energia ou alimento aportado à caverna procede do meio epígeo.

Tendo em vista a ausência de organismos autotróficos, os recursos no ambiente cavernícola devem ser aportados de alguma forma para o interior das cavidades. O alimento penetra nas cavernas continuamente ou em “pulsos”, carreado por agentes físicos ou biológicos. A penetração e disseminação de matéria orgânica particulada se dão por rios ou ribeirões ou através de aberturas verticais no teto e paredes das cavernas. Estas fontes carreadoras de recursos podem ser importantes para comunidades terrestres e aquáticas. Além delas, a matéria orgânica dissolvida, junto a bactérias e protozoários presentes em águas de percolação penetra através da rocha. Finalmente, fezes ou cadáveres de animais que transitam nas cavernas com certa regularidade são também importantes fontes de recursos, principalmente em cavernas permanentemente secas.

A dependência do sistema cavernícola por recursos do ambiente externo, muitas vezes acaba configurando um padrão de oligotrofia. Mas isso nem sempre ocorre em cavernas onde se tem a presença de guano. O guano de aves, alguns invertebrados e mais comumente o de morcegos pode formar extensos depósitos em cavernas e nestes casos constitui-se da principal fonte de recurso para os organismos cavernícolas (FERREIRA; MARTINS, 1998; FERREIRA MARTINS; YANEGA, 2000; GNASPINI-NETTO, 1989).

O guano mais bem distribuído e comum em cavernas é o produzido por morcegos e muitas vezes esses depósitos são bastante volumosos. Existem diferenças espaciais e temporais entre a deposição de guano em regiões tropicais e temperadas. Em regiões temperadas, a deposição de guano varia sazonalmente, e com isso, existe uma variação da comunidade associada a esse guano. De acordo com Gnaschini e Trajano (2000) em regiões tropicais podem ocorrer

alterações na deposição do guano não determinadas pelas diferenças entre estações, e sim pelo deslocamento de comunidades de morcegos nômades.

O guano de morcegos pode ser categorizado de acordo com os hábitos alimentares de cada espécie. De acordo com Gnaspini-Netto (1989) existem três tipos de depósitos de guano: (i) de morcegos frugívoros, composto principalmente por sementes pequenas intactas e ocasionalmente grandes também intactas; (ii) de morcegos insetívoros, composto de partes de quitina de insetos e outros artrópodes; (iii) de morcegos hematófagos, de consistência pastosa e cor avermelhada quando recém- depositado. Embora tais tipos sejam comumente produzidos somente por uma colônia, existem casos onde mais de uma colônia pode habitar um mesmo local em uma caverna. Caso estas colônias pertençam a espécies com dietas distintas, o depósito produzido compreenderá uma mescla de tipos diferentes de guano. Nestes casos, os depósitos são denominados “guano misto”.

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 (DECU, 1986). Tais depósitos por sua vez, abrigam inúmeras comunidades zoológicas em diferentes estágios sucessionais (DECU, 1986). Essa heterogeneidade das condições químicas dos depósitos de guano se dá, em grande parte, pela variação sofrida por este substrato ao longo do tempo. Um guano mais fresco em geral é mais alcalino e úmido, e à medida que envelhece vai se tornando mais ácido e seco (BERNARTH; KUNZ, 1980; FERREIRA; MARTINS, 1999). Entretanto, estudos desenvolvidos por Ferreira, Martins e Yanega (2000), demonstraram que não se pode tomar apenas dados de umidade e pH para se inferir a idade de um depósito de guano. Segundo estes autores, os depósitos de guano são sistemas abertos, sendo, por isso, afetados por processos

químicos, físicos e biológicos, tais como: água de percolação, revolvimento físico e biológico e incorporação de cadáveres de animais e exúvias.

Entretanto, a maioria dos estudos realizados com as comunidades associadas a depósitos de guano em cavidades subterrâneas consiste em descrições das cadeias alimentares e listagem de espécies (e.g. DECU, 1986; HAMILTON-SMITH, 1967; HARRIS, 1970; MOULDS, 2004). Poucos estudos levam em consideração inter-relações com os parâmetros físico-químicos do substrato em estudo.

A disponibilidade de nutrientes como fósforo e nitrogênio em um recurso, afeta diretamente a produção primária e também secundária em uma cadeia trófica. O guano de aves marinhas possui altas concentrações de nitrogênio e fósforo, o que interfere na estrutura da comunidade que se estabelece a partir desse recurso (JUSTIN; ROARK, 2007; POLIS; ANDERSON; HOLT, 1997;). O mesmo ocorre com o guano de morcegos no interior de cavernas, sendo um recurso fundamental com toda uma cadeia de organismos associados como: bactérias, fungos, protozoários, nematóides e artrópodes, onde se tem desde organismos estritamente guanófagos até predadores e parasitas (HARRIS, 1970).

O número de espécies que utilizam o depósito de guano tende a ser proporcional à disponibilidade do recurso (DOUBE, 1986). Entretanto, no caso dos grandes depósitos de guano, o recurso acumula-se mais rapidamente do que é consumido. Deste modo, a maior parte dos organismos permanece mais na superfície do que nas camadas profundas do depósito. Por isso espera-se que haja um efeito de área sobre a abundância das populações, pois quanto maiores os depósitos de guano maior será a possibilidade de apresentarem um número mais diverso de microhabitats (DECU, 1986).

As comunidades associadas ao guano têm importante papel na reciclagem deste recurso e ainda participam de outras interações, tanto ao longo

de todo ambiente cavernícola como também no ambiente circundante à caverna (FERREIRA, 1998).

Dessa forma, para se compreender a estrutura de uma comunidade associada ao guano de morcegos, é importante relacionar padrões de riqueza e abundância dessas comunidades à composição físico-química desses depósitos orgânicos.

2.3 Uso turístico e religioso de cavernas

De acordo com Marra (2001), no contexto mundial, o turismo em cavidades naturais – espeleoturismo – se desenvolve há muitos anos, sendo a Caverna Postojnska Jama, localizada na Postojna, Eslovênia, uma das mais antigas a ser visitada para fins de turismo de contemplação. Esse mesmo autor aponta a Gruta de Bom Jesus da Lapa, na Bahia, como o registro mais antigo no Brasil de adaptação de uma cavidade natural para o uso público, em função das romarias religiosas realizadas desde os anos de 1690. Lino (2001) cita a Gruta de Maquiné como uma das primeiras a possuir um sistema de manejo turístico com iluminação elétrica no país. Outras, como a caverna do Diabo, no Parque Estadual Jacupiranga, SP, e a Gruta de Ubajara, no Parque Nacional de Ubajara, CE, estão também entre as mais antigas abertas e estruturadas para o turismo no país.

A motivação religiosa pode ser compreendida como a precursora do turismo em cavidades naturais. Como descrito pela Carste Consultores Associados (2009), na maioria dos casos, a manifestação cultural acontece somente na zona de entrada, como na Lapa da Terra Ronca, em São Domingos-GO, ou na Gruta da Mangabeira, em Ituaçu-BA. Em outros casos, a manifestação cultural não se restringe à zona de entrada, mas também utiliza zonas mais remotas das cavidades, como no caso da Gruta da Lapinha, em Barra

da Estiva-BA e da Lapa Velha de Vazante-MG. Em todas as formas de ocorrência, o fenômeno cultural, de inquestionável valor patrimonial imaterial, provoca impactos diversos nos ambientes cavernícolas.

Uma questão fundamental relacionada às diversas formas de uso antrópico das cavernas, diz respeito à conservação da biodiversidade existente nestes ambientes. Até pouco tempo o uso do patrimônio espeleológico brasileiro, bem como as normas para sua preservação, eram regulamentados pela Portaria do IBAMA nº 887 de 15 de junho de 1990 e o Decreto Federal nº 99.556 de primeiro de outubro de 1990, estando sujeitos ao controle e fiscalização pelo poder público. Tal decreto previa somente dois usos para cavidades naturais subterrâneas situadas em território nacional: uso científico e turístico. Dessa forma, nenhuma cavidade poderia ser destruída para fins explorativos em território brasileiro. Todas deveriam ser preservadas, tendo a integridade de seus ecossistemas garantida, independentemente de suas localizações, morfologias e/ou atributos.

Em 2009 foi publicado, no Diário Oficial da União, o decreto n. 6.640, que dá uma nova leitura ao antigo decreto n. 99.556. Tal decreto “relaxou” os critérios de uso, permitindo, até mesmo, a supressão de cavernas no Brasil. A instrução normativa n. 02 do Ministério do Meio Ambiente, detalha a legislação atual, definindo itens que deverão ser considerados no processo de licenciamento ambiental. O decreto regulamenta a classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas, restringindo a proteção total apenas às cavernas consideradas de relevância máxima, enquanto a legislação anterior abrangia todas as cavernas.

As cavernas que são consideradas de relevância máxima pelos critérios listados na instrução normativa serão totalmente preservadas, não podendo sofrer nenhum tipo de dano ambiental irreversível. Este é o caso das cavernas consideradas de importância histórica ou cultural ou que abriguem espécies

constantes da lista oficial de animais que correm risco de extinção. As cavidades de relevância máxima, somente poderão ser exploradas de modo a permitir estudos e pesquisas de ordem técnica e científica, e também atividades culturais, turísticas, recreativas e educativas, entre outras.

A norma estabelece ainda outros três graus de relevância (alta, média e baixa), que serão definidos de acordo com atributos ecológicos, biológicos, geológicos, hidrológicos, paleontológicos, cênicos, históricos e culturais, além de socioeconômicos, avaliados sob enfoque regional e local. Cavidades naturais subterrâneas classificadas com grau de relevância alto, médio ou baixo poderão ser objeto de impactos negativos irreversíveis, mediante licenciamento ambiental. Para que ocorra esse licenciamento foram estabelecidas medidas de compensação ambiental para empreendimentos que ocasionem em impacto negativo irreversível. Como exemplo, para cada cavidade de relevância alta destinada a empreendimentos, a medida assegura, em caráter permanente, a preservação de duas “cavidades testemunho” de mesmo grau de relevância, de mesma litologia e com atributos similares à que irá sofrer o impacto, envolvendo tanto as ações quanto o financiamento (CRUZ; REINO; MEDEIROS, 2010).

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Toda a dissertação foi desenvolvida em uma só cavidade denominada Lapa Nova. A caverna encontra-se no município de Vazante, noroeste de Minas Gerais, Brasil (UTM -23 299811 - 8010693) (AULER; RUBBIOLI; BRANDI, 2001).

Em termos regionais, considerando-se a região noroeste do estado de Minas Gerais e porções limítrofes do estado de Goiás e Distrito Federal, trata-se da caverna mais conhecida e visitada, além de ser a segunda caverna mais extensa. Em termos nacionais, está entre as 35 maiores cavernas do Brasil, sendo

a sexta em desenvolvimento no estado de Minas Gerais com 4,5 quilômetros de extensão. A Lapa Nova reveste-se de importância não só devido a seus atributos dimensionais e geológicos, mas também por se inserir em uma zona urbana e ser alvo de frequentes visitas. A caverna, embora não possua estrutura e divulgação para turismo em massa ou plano de manejo, é visitada há várias décadas, funcionando como um pólo local de turismo.

Há mais de cem anos existe turismo nessa cavidade, que se torna mais intenso durante a Festa em Louvor a Nossa Senhora da Lapa, quandoromeiros e turistas visitam a caverna. A gruta chegou a ser fechada à visita, por falta de um plano de manejo. No entanto, em 26 de abril de 2009, o Prefeito Municipal de Vazante assinou um termo de compromisso com o IBAMA para a reabertura de Lapa Nova. O IBAMA estipulou um prazo de dez meses para que o plano de manejo da gruta seja providenciado, e assim a gruta fosse reaberta em definitivo (disponível em: www.vazante.mg.gov.br).

Recentes estudos (BITTENCOURT, 2008) permitiram reconhecer a Lapa Nova como exemplo clássico de caverna dolomítica de gênese hipogênica, estando presentes os principais elementos diagnósticos deste modelo genético.

A gruta apresenta três comunicações com o ambiente externo, que funcionam como “coletoras” de folhas, transportadas para o interior da caverna por vento ou enxurradas. A caverna possui um pavimento inferior e dois superiores (figura 1). Em um dos setores mais distantes da entrada principal, existe uma contínua deposição de guano por uma grande colônia de morcegos (em destaque na figura 1). Este depósito é caracterizado por um guano misto, composto por guano de morcegos frugívoros e insetívoros. Este depósito possui 15 m de extensão linear e 5 m de largura, constituindo uma importante fonte de recurso para os organismos cavernícolas.

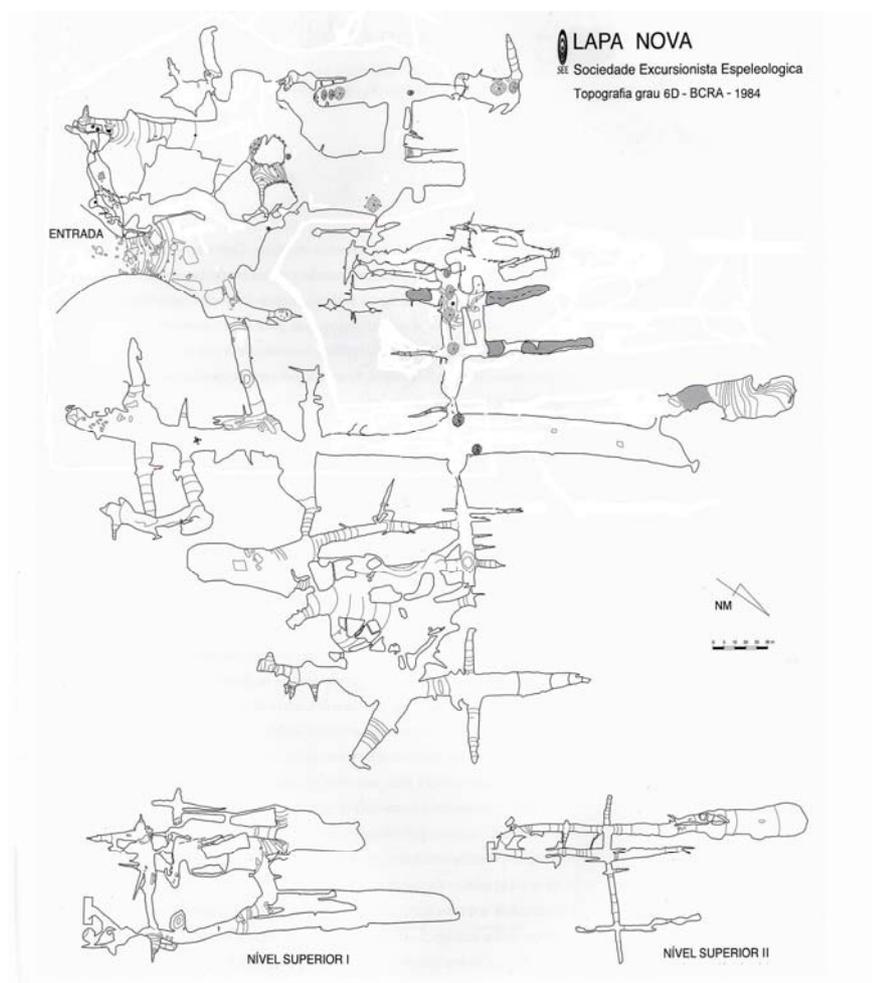


Figura 1 Mapa da Lapa Nova, Vazante, Minas Gerais
 Fonte: Adaptado de Auler, Rubbioli e Brandi (2001)

O período de visitação mais intensa na caverna é associado à Festa da Virgem da Lapa, que acontece tradicionalmente no dia 3 de maio e se estende por três dias. A Festa está originalmente ligada à Lapa Velha, pequena cavidade localizada no centro urbano, alvo de intensa romaria onde se acredita haver uma imagem da Virgem Maria (CARSTE CONSULTORES ASSOCIADOS, 2009).

Os romeiros vindos de várias partes do estado e do país aproveitam a estada em Vazante para visitar a Lapa Nova onde fazem seus pedidos e preces.

Da mesma forma como ocorre em outras cavidades onde existe o turismo religioso, esta atividade foi estabelecida ao longo de muitos anos, sem que antes houvesse um planejamento ou controle. Este uso desordenado gera degradação ambiental, seja pelo excesso de visitantes, seja pela implantação de estruturas como altares, escadarias, pavimentação, instalação de corrimões; ou ainda pela coleta indireta de água e espeleotemas por seus supostos poderes curativos ou meramente como suvenires (LOBO et al; 2007).

No que diz respeito à proteção ambiental, em termos legais, a Lapa Nova está inserida na Área de Proteção Especial Estadual Lapa Nova, criada pelo Decreto Estadual nº 30.936, de 20 de fevereiro de 1990, com 75,01ha. Em 12 de março de 1991 o Decreto Estadual nº 32.638 reduziu a área da APE para 68 ha, e posteriormente o Decreto Estadual nº 32.672, de 19 de abril de 1991 confirmou a área de proteção com 75,01 ha.

Apesar desta proteção legal, Lapa Nova está classificada como área potencial para a conservação de invertebrados pelo “Atlas para conservação da biodiversidade de Minas Gerais” (DRUMMOND et al., 2005) (Figura 2). Foi incluída nessa categoria por existirem pressões antrópicas na região como expansão urbana, mineração na área de entorno e turismo desordenado. Os impactos gerados pelo turismo desordenado variam muito em termos qualitativos e quantitativos, e estes vão desde uma ação mais direta aos organismos cavernícolas, com o pisoteamento de indivíduos. Pode ainda, ocorrer um efeito mais prolongado e indireto como acúmulo de cera de velas, de lixo, deposição de fuligem, compactação de solo, que tornam gradativamente o ambiente mais desfavorável à sobrevivência de espécies.

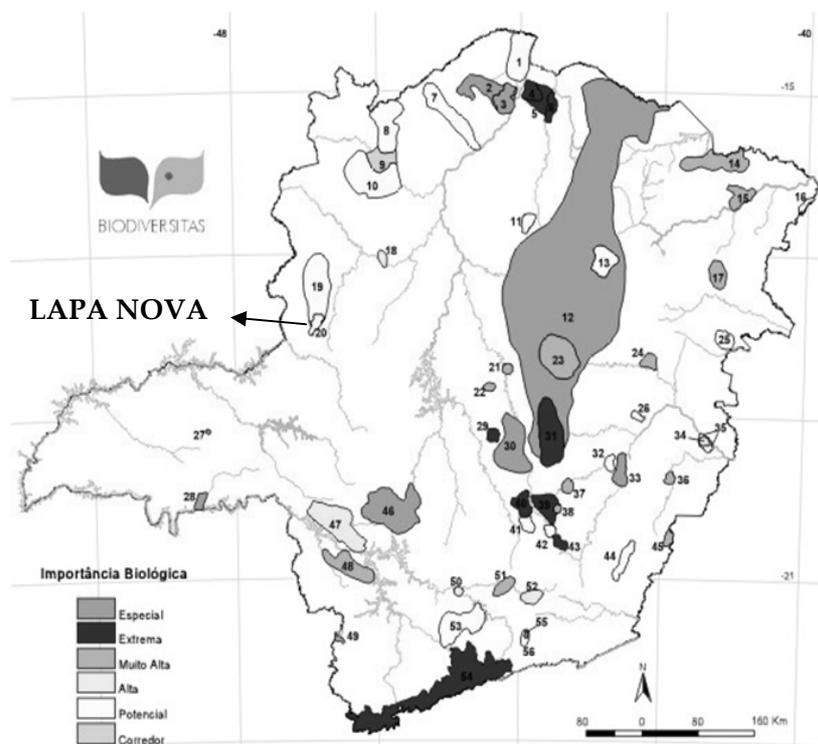


Figura 2 Mapa de áreas indicadas para a conservação de invertebrados de Minas Gerais
 “Atlas para a conservação da biodiversidade de Minas Gerais”
 Fonte: Adaptado de Drummond et al. (2005)

Frente a estas ameaças, existe a necessidade urgente da realização de trabalhos de levantamento faunístico bem como a elaboração de um plano de manejo espeleológico em Lapa Nova, uma vez que se trata de patrimônio espeleológico expressivo dentro do cenário nacional (DRUMMOND et al., 2005). Os estudos de manejo e as consequentes ações postas em execução têm o potencial de minimizar os impactos negativos das manifestações culturais sobre a cavidade, de aumentar a segurança dos visitantes e a qualidade da experiência vivida no ambiente cavernícola.

4 OBJETIVOS

O objetivo geral com o presente trabalho foi estabelecer um panorama ecológico da comunidade presente na Lapa Nova, município de Vazante, Minas Gerais, bem como propor um plano de manejo adequado para o uso turístico/religioso da caverna. Neste sentido, estabeleceram-se os seguintes objetivos específicos:

1. Identificar as alterações sofridas pela comunidade de invertebrados associada à Lapa Nova em função de mudanças estacionais (seca e chuva);
2. Avaliar as alterações sofridas pela comunidade de invertebrados em função da visitação humana na caverna Lapa Nova;
3. Determinar a distribuição de aranhas de importância médica, que oferecem riscos aos visitantes;
4. Determinar a distribuição de organismos troglomórficos ao longo de toda a cavidade;
5. Propor diretrizes para um programa de manejo de fauna desta cavidade, visando sua utilização turístico-religiosa com a minimização dos impactos causados por estas atividades;
6. Avaliar a importância do emprego de metodologias específicas para a amostragem de substratos diferenciados em cavernas;
7. Determinar a composição da comunidade de invertebrados associados a um grande depósito de guano e sua interface com o solo adjacente presente na caverna Lapa Nova;
8. Verificar se fatores abióticos do guano e do solo (pH, porcentagem de matéria orgânica, teor de umidade, nitrogênio total e fósforo

total) influenciam a estrutura da comunidade de invertebrados associada a estes substratos;

9. Aperfeiçoar a amostragem de ácaros associados ao guano de morcegos, avaliando o esforço amostral através de uma curva de coletor.

5 HIPÓTESES

O presente trabalho baseia-se nas seguintes hipóteses:

1. A fauna de invertebrados de Lapa Nova sofre alterações em suas propriedades biológicas de acordo com mudanças estacionais;
2. A comunidade de Lapa Nova sofre interferências pelo uso turístico/religioso da cavidade;
3. A amostragem da riqueza de invertebrados de Lapa Nova melhora consideravelmente com o emprego de metodologias específicas para substratos diferenciados;
4. Existe um gradiente nos parâmetros da comunidade de invertebrados (riqueza, diversidade e equitabilidade) ao longo de um grande depósito de guano de morcegos e sua interface com o solo, em função de suas características físico-químicas;
5. A partir de estudos prévios em um grande depósito de guano é possível se determinar qual seria o número de amostragens necessário para se obter valores confiáveis de riqueza e abundância das comunidades associadas a este recurso.

REFERÊNCIAS

AULER, A. S.; RUBBIOLI, E.; BRANDI, R. **As grandes cavernas do Brasil**. Belo Horizonte: Grupo Bambuí de Pesquisas Espelológicas. 2001. 277p.

BARR, T. C.; KUEHNE, R. A. Ecological studies in Mammoth Cave ecosystems of Kentucky, **Annales Speleologie**, Paris, v.26, n.1, p. 47-96, Mar. 1971.

BERNARTH, R.F.; KUNZ, T.H.E. Structure and dynamics of arthropod communities in bat guano deposits in buildings. **Canadian Journal of Zoology**. Ottawa, v. 59, p. 260-270, jan. 1980.

BITTENCOURT, C. **Carstificações hipogênicas e epigênicas – Influência sobre a exploração de minério de zinco da mina de Vazante, MG**. 2008. 110 p. Dissertação (Mestrado em Geologia Exploratória) Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2008.

CARSTE CONSULTORES ASSOCIADOS. **Plano de Manejo Espeleológico - Lapa Nova, Vazante, Minas Gerais**. Votorantim metais. Ago. 2009. 119p.

CHRISTIANSEN, K.A. Proposition pour la classification des animaux cavernicoles. **Spelunca**, Paris, v. 2, p. 76–78, jul. 1962.

CRUZ, J.B.; REINO, J.C.R.; MEDEIROS, R.C.S. Legislação Ambiental Aplicada, Resolução nº 347, de 10 de Setembro de 2004 – Comentada. In: **Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental I**, 2010, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV), Brasília, DF, 2010, p. 149-174.

CULVER, D. C. **Cave Life: Evolution and Ecology**. 1. ed. London: Harvard University Press, 1982. 189 p.

CULVER, D.C.; PIPAN, T. **The Biology of Caves and other Subterranean Habitats**. 1ª ed. New York: Oxford University Press, 2009, 254 p.

DECU, V. Some considerations on the bat guano synusia. **Travaux de L’Institut de Spéologie “Emile Racovitza”**. Bucarest, v. 25, p. 41-51, mar. 1986.

DOUBE, B.M. Spatial and temporal organization in communities associated with dung pads and carcasses, p. 225-280. In Gee, J.H.R., & Giller, P.S.(eds.). **Organization of communities past and present**. New York: Blackwell Scientific Publications, Oxford. 1986, 576 p.

DRUMMOND, G.M.B.; MARTINS, C.S.; MACHADO, A.B.M.; SEBAIO, F.A.; ANTONINI, Y. **Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação**. 2ª ed. Belo Horizonte, Brasil: Fundação Biodiversitas. 2005. 222 p.

ENGEL, A.S. Chemoautotrophy. In: Culver, D.C.; WHITE, W.B. (Ed(s)). **Encyclopedia of caves**, London: Elsevier/Academic Press, 2005. p. 90–101.

FERREIRA, R.L. Medida da complexidade ecológica e suas aplicações na conservação e manejo de ecossistemas subterrâneos. 2004. 161 p. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

FERREIRA, R.L. **Ecologia de comunidades cavernícolas associadas a depósitos de guano de morcegos**. 1998. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 1998.

FERREIRA, R.L.; MARTINS, R.P. Diversity of Spiders Associated with Bat Guano Piles in Morrinho Cave (Bahia State, Brazil). **Diversity and Distributions**, Oxford, v. 4, p. 235-241, jul. 1998.

FERREIRA, R.L.; MARTINS, R.P. Guano de morcegos: fonte de vida em cavernas. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 25, n. 146, p. 34-40, jan./fev. 1999.

FERREIRA, R.L.; MARTINS, R.P.; YANEGA, D. Ecology of bat guano arthropod communities in a brazilian dry cave. **Ecotropica**, Bonn, v. 6, n. 2, p. 105-116, jul./dez. 2000.

FERREIRA, R. L.; MARTINS, R. P. Cavernas em risco de “extinção”. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 29, n. 173, p. 20-28, jul. 2001.

GNASPINI, P.; TRAJANO, E. Guano communities in tropical caves. In: WILKENS, H.; CULVER, D.C.; HUMPHREYS, W.F. Ed(s). **Subterranean ecosystems (Ecosystems of the world)**. Amsterdam, Elsevier. 2000. p. 251-268.

GNASPINI-NETTO, P. Fauna associated with bat guano deposits from **Brazilian caves (a comparison)**. In: **Proceedings** of the 10th International Congress of Speleology, 10, 1989. Budapest. Edited by A. Kosà, Budapest: Hungarian Speleological Society. 1989. v. 1, p. 52-54.

HAMILTON-SMITH, E. The arthropoda of australian caves. **Journal of the Australian Entomological Society**, Brisbane, v. 6, p. 103-118, mar. 1967.

HARRIS, J.A. Bat-guano cave environment. **Science**, Washington, v. 169, p. 160-162, ago. 1970.

HOLSINGER, J. R.; CULVER, D. C. The invertebrate cave fauna of Virginia and a part of eastern Tennessee: zoogeography and ecology. **Brimleyana**, Edinburgh, v. 14, p. 1-162, fev. 1988.

JUSTIN, K.E.; ROARK, A.M. Composition of guano produced by frugivorous, sanguivorous, and insectivorous bats. **Acta Chiropterologica**, Varsóvia, v. 9, n. 1, p. 261-267, jun. 2007.

LERUTH, R. La biologie du domaine souterraine et la faune cavernicole de la Belgique. **Mémoires du Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique**, Bélgica, n. 87, 506 p, 1939.

LINO, C. F. **Cavernas: o fascinante Brasil subterrâneo**. 2.ed. São Paulo: Gaia, 2001. 288 p.

LOBO, H.A.S.; VERÍSSIMO, C.U.V.; FIGUEIREDO, L.A.V.; RASTEIRO, M.A. Potencial Geoturístico da Paisagem Cárstica. **Global Turismo**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 1-20, nov. 2007.

MARRA, R.J.C. **Espeleoturismo: planejamento e manejo de cavernas**. Brasília: WD Ambiental, 2001. 224 p.

MC'CANN, K.S. The diversity-stability debate. **Nature**, London, v. 405, 228-233, mai. 2000.

MITCHELL, R.W. A comparison of temperate and tropical cave communities. **The Southwestern Naturalist**, Memphis, v.14, n. 1, p. 73-89, mai. 1969.

MOULDS, T. Review of Australian Cave Guano Ecosystems with a Checklist of Guano Invertebrates. **Proceedings of the Linnean Society of New South Wales**, Kingsford, v. 125, p. 1-42, out. 2004.

PIMM, S.L. The complexity and stability of ecosystems. **Nature**, London, v.307, n.26, p.321-326, jan. 1984.

POLIS, G.A.; ANDERSON, W.A.; HOLT, R.D. Toward an integration of landscape and food web ecology: the dynamics of spatially subsidized food webs. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, Palo Alto, v. 28, p. 289-316, nov. 1997.

POULSON, T. L.; WHITE, W.B. The cave environment. **Science**, Washington, v. 165, n. 3897, p. 971-981, set. 1969.

PROUS, X.; FERREIRA, R. L.; MARTINS, R. P. Ecotone delimitation: Epigeal-hypogean transition in cave ecosystems. **Austral Ecology**, Carlton, v. 29, p. 374 - 382, ago. 2004.

ROMERO, A. **Cave Biology: Life in Darkness**. New York: Cambridge University Press, 2009. p. 291.

TRAJANO, E. Cave faunas in the Atlantic tropical rain Forest: composition, ecology, and conservation. **Biotropica**, Washington, v.32, n. 4, p. 882-893, mar. 2000.

YODZIS, P. The connectance of real ecosystems. **Nature**, London, v. 284, p. 544 - 545, abr. 1980.

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1

**VARIAÇÕES ESTACIONAIS NA ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE
INVERTEBRADOS EM LAPA NOVA**

O artigo foi redigido conforme as normas da revista científica *Brazilian Journal of Ecology*, ISSN: 1516-5868, (versão preliminar).

RESUMO

Lapa Nova é uma caverna dolomítica localizada em Vazante, noroeste de Minas Gerais. Suas dimensões a colocam em posição de destaque, compreendendo a 35ª maior caverna do Brasil, com 4,5 quilômetros de extensão. A fauna de invertebrados associados a esta caverna se mostrou bastante rica e abundante, sendo representada por com 24.482 indivíduos distribuídos em 187 morfoespécies. Diferentes padrões de riqueza, diversidade, equitabilidade e complexidade foram observados entre os períodos de seca e de chuva. A riqueza encontrada na coleta de chuva foi de 160 morfoespécies, enquanto na coleta de seca esse número foi bastante inferior, 102 morfoespécies. Do total de 187 morfoespécies, 85 foram observadas somente na estação chuvosa, 26 somente na estação seca e 76 ocorreram nos dois eventos de coleta. Os índices de diversidade encontrados foram de 2,79 e 2,87 para a estação chuvosa e seca, respectivamente. As diferenças encontradas na comunidade foram mais intensas em regiões de entrada, que possuem menor estabilidade ambiental. A equitabilidade foi de 0,55 na estação chuvosa e 0,62 na seca. O índice de complexidade ecológica (ICE) para a cavidade foi de 14,3 e 16,9 para a estação chuvosa e seca respectivamente. Portanto, os valores de complexidade desta caverna são os mais elevados já registrados. Até o presente momento, o maior valor de complexidade havia sido encontrado na Gruta do Janelão (Januária/Itacarambi, MG) que correspondeu a 10,5. Aparentemente, vem sendo estabelecido um padrão de maior complexidade na estação da seca para cavernas do norte de Minas Gerais, diferentemente do que ocorre em cavernas da região central do mesmo estado.

Palavras-chave: Seca e chuva. Comunidade. Invertebrados. Complexidade.

INTRODUÇÃO

Em sistemas subterrâneos, a amplitude da variação dos parâmetros ambientais, especialmente temperatura, é muito menor do que a observada no ambiente externo circundante ^{19,2}. Além disso, tais sistemas são afóticos, e esta condição exerce uma forte pressão evolutiva sobre as espécies presentes, além de compreender uma grande barreira à colonização deste ambiente por organismos epígeos ⁴. O conjunto dessas peculiaridades torna os ambientes subterrâneos mais estáveis que sistemas epígeos ¹⁸.

Entretanto, essa estabilidade ambiental não é homogênea por toda a extensão de uma caverna. Com o uso de instrumentos precisos de monitoramento, especialmente aqueles que possibilitam a medida de múltiplos parâmetros, pode-se detectar certa variabilidade ambiental ²¹. Oliveira (2008) conduziu um estudo no qual se obteve medidas de temperatura e umidade em diferentes setores da Caverna Boa Esperança (Tocantins) durante toda uma estação chuvosa. Os resultados apresentados mostraram uma variação considerável desses parâmetros em diferentes setores da caverna. Ferreira (2005) propôs que a temperatura e umidade nesta caverna variaram de acordo com o deslocamento de colônias de morcegos.

A amplitude de parâmetros ambientais e sazonalidade variam em diferentes cavernas, de acordo com suas condições físicas e morfológicas, principalmente no que diz respeito à região de entrada. Entradas maiores apresentam uma menor estabilidade ambiental, já que possuem maior conexão com o meio epígeo ⁵. Tal fato pode ser constatado também por Oliveira (2008), setores de entrada sofreram maiores variações de temperatura e umidade ao longo do tempo. Tais parâmetros também variam de acordo com a região climática na qual essa caverna se insere. A sazonalidade em cavernas temperadas se baseia em flutuações periódicas ou em animais que visitam a caverna de forma cíclica, como os morcegos, normalmente resultando em ciclos

anuais ⁸. Estas diferenças de estabilidade determinam diferenças nos padrões de distribuição e abundância das populações associadas ao ambiente cavernícola ²¹.

A estabilidade de comunidades biológicas está ligada não somente à estabilidade dos ambientes ao qual se associam. Muitos autores sugerem que a complexidade dos ecossistemas, incluindo o número de interações interespecíficas, gera estabilidade ^{27, 15, 11}.

Foi seguindo essa perspectiva que Ferreira (2004) propôs o Índice de Complexidade Ecológica para cavernas. Para chegar nesse índice, o referido autor baseou-se em três variáveis fundamentais: a riqueza de espécies, a equitabilidade e a distribuição espacial das diferentes populações que compõem a comunidade. Considerou-se que o incremento nos valores destas variáveis eleva o número de potenciais interações entre as espécies.

Estudos indicam que populações cavernícolas apresentam uma heterogeneidade de preferência alimentar variando com o tempo e espaço ⁹. Entretanto, são escassos os estudos que acompanham tais variações temporais nas comunidades subterrâneas. O maior entendimento acerca dos padrões sazonais gera subsídios para propósitos de conservação e manejo de ecossistemas subterrâneos. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo estabelecer quais são essas alterações sofridas pela comunidade de invertebrados associada à Lapa Nova, uma grande caverna dolomítica de Minas Gerais, em dois períodos estacionais distintos.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado na caverna dolomítica Lapa Nova, localizada em Vazante, Noroeste de Minas Gerais. Considerando-se a região Noroeste do estado e porções limítrofes do estado de Goiás e Distrito Federal, trata-se da caverna mais conhecida e visitada, além de ser a segunda caverna

mais extensa da região. Em termos nacionais, está entre as 35 maiores cavernas do Brasil, sendo a sexta em desenvolvimento no estado de Minas Gerais ¹.

Foram realizadas duas campanhas de campo, de cinco dias cada, uma no dia sete de abril (período chuvoso), e o outro em 15 de setembro (período de seca), ambas no ano de 2009. A coleta de invertebrados foi feita através de captura manual (com o auxílio de pinças, pincéis e puçás) em todos biótopos potenciais no interior da caverna.

Durante a coleta, foram atribuídos diferentes números a cada uma das espécies coletando-se somente alguns exemplares de cada táxone. Cada espécime foi plotado no mapa da caverna, segundo metodologia proposta por Ferreira (2004), permitindo uma visualização da distribuição, bem como da abundância relativa das diferentes espécies encontradas na cavidade. Foram atribuídas morfoespécies distintas entre organismos imaturos e adultos devido à inviabilidade em muitos casos de fazer uma associação correta entre essas formas.

Atividades de Laboratório

Todos os invertebrados coletados foram identificados até o nível taxonômico possível, fazendo-se uso de um estereomicroscópio. Os espécimes foram separados em morfoespécies, para a determinação da riqueza (número de espécies).

A determinação de organismos potencialmente troglóbios foi feita através da presença de características troglomórficas. Entre essas características destacam-se a redução de estruturas oculares, despigmentação melânica e alongamento de apêndices. Destaca-se que é necessário um conhecimento prévio da biologia do grupo em estudo, visto que algumas dessas características podem ocorrer em alguns táxons de populações não restritas ao ambiente cavernícola.

Os espécimes coletados foram fixados em álcool 70%. Posteriormente foram depositados na coleção do laboratório de Ecologia Subterrânea (Setor de Zoologia/Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras).

Análises de dados

Foram realizadas análises de riqueza, abundância, diversidade e complexidade de das comunidades de invertebrados nos dois períodos coletados. O cálculo de diversidade foi feito utilizando-se o índice de Shannon-Wiener ¹⁰. Posteriormente, foi construído um gráfico com o “ranking de abundância” a partir da logaritmização das abundâncias observadas nos períodos de seca e chuva. Para tal foi utilizado o programa *Statistica*.

O cálculo de complexidade foi feito utilizando-se o “Índice de Complexidade Ecológica” (ICE) para cavernas ⁵. Segundo o autor, dentre as variáveis que influenciam a complexidade ecológica destacam-se: o número de espécies (riqueza – S); o quão homoganeamente distribuídas estão as diferentes populações em termos de abundância relativa (equitabilidade – E’) e o quão homoganeamente distribuídas estão as populações em termos espaciais (valor médio de distribuição populacional – VMDP). Portanto, considerando-se essas variáveis, foi proposta a equação do ICE, modificado a partir de Ferreira (2004).

$$\text{ICE} = \frac{\text{VMDP}^2 \cdot E'^2 \cdot S(\log S)^2}{100}$$

100

Para o cálculo do VMDE a cavidade foi dividida em dez setores, cada um correspondente a 1/10 do desenvolvimento linear total de Lapa Nova. Nestes setores foi contabilizada a abundância, presença ou ausência das populações em cada um dos setores.

Posteriormente, foi avaliada a similaridade entre a fauna de todos os setres da caverna à exessão do setor localizado no nível superior, nos dois períodos. Para tal, foi utilizando o modelo de escalonamento multidimensional não métrico (*Non-metric Multidimensional Scaling – n-MDS*). Tal análise exploratória transforma as distâncias entre pares de objetos encaixando-os em conjuntos bidimensionais de acordo com a distância euclidiana (ou baseada em valores de similaridade). O n-MDS foi construído com base na composição quantitativa da fauna de invertebrados utilizando o índice de Jaccard. Foi avaliada a existência de diferenças significativas dos grupos gerados pelo n-MDS através do ANOSIM, também feito pelo índice de Jaccard. Por fim, foi utilizada a análise de SIMPER para avaliar quais espécies foram responsáveis por tais diferenças. Todas as análises acima foram realizadas através do programa *Past*.

RESULTADOS

Em Lapa Nova, foram observados 24.482 indivíduos distribuídos em 187 morfoespécies. Do total de indivíduos, 16.996 foram registrados na estação chuvosa, e os demais 7.486 na estação seca. A riqueza encontrada na primeira coleta foi de 160 espécies, enquanto na segunda, esse número foi bastante inferior, 102 espécies. Do total de 187 espécies, 85 foram observadas somente na estação chuvosa, 26 somente na estação seca e 76 ocorreram nos dois períodos (APÊNDICE 1). Os índices de diversidade encontrados foram de 2,79 e 2,87 para a estação chuvosa e seca, respectivamente. A equitabilidade foi de 0,55 na estação chuvosa e 0,62 na seca. Os valores do índice de complexidade ecológica para a cavidade corresponderam a 14,3 e 16,9 para a estação chuvosa e seca, respectivamente.

Foram encontradas seis espécies com caracteres troglomórficos, e que compreendem prováveis troglóbios: *Arrhopalites* sp. (Collembola: Arrhopalitidae), *Acherontides* sp. (Collembola: Hypogastruridae), *Eukoenenia* sp. (Eukoeneniidae), uma Oonopidae (Araneae), um Chthoniidae (Pseudoscorpiones) e um Styloniscidae (Isopoda). Todos estes organismos apresentaram características troglomórficas, como redução na pigmentação e anoftalmia (embora esta última condição seja comum em alguns destes grupos).

No período chuvoso, Diptera foi a ordem que apresentou a maior riqueza, com 33 espécies, seguida por Araneae e Coleoptera com um total de 31 e 29 espécies respectivamente. Na estação seca, as riquezas foram bem inferiores, sendo os maiores valores apresentados por Diptera e Araneae, ambas com 15 espécies, seguidas por Coleoptera com 12 espécies.

As espécies que apresentaram maior abundância na estação chuvosa foram: larvas de Diptera sp2 e sp3, que juntas somaram mais de 5.500 organismos, seguidas por uma forma adulta de Acromyzidae sp1 (Díptera), com 2.452 indivíduos; *Loxosceles* sp., com 2.329 indivíduos e *Endecous* sp. com 518 indivíduos. Na estação seca, a espécie que apresentou maior abundância foi *Loxosceles* sp., com 2.487 indivíduos. Diferentemente da estação chuvosa, duas espécies do gênero *Psyllipsocus* ocuparam posição de destaque, com 688 e 648 organismos seguidos por *Ipoena* sp. com 462 ndivíduos e *Endecous* sp. com 389 indivíduos encontrados.

No “*ranking*” de abundância existe uma inclinação mais abrupta da curva referente ao período chuvoso (Figura 1). Tal período apresentou uma menor diversidade, como constatado pelo índice de Shannon-Wiener. Por outro lado, percebe-se, nesta estação, a existência de um maior número de espécies e também de espécies raras, que tiveram apenas um registro em toda a caverna.

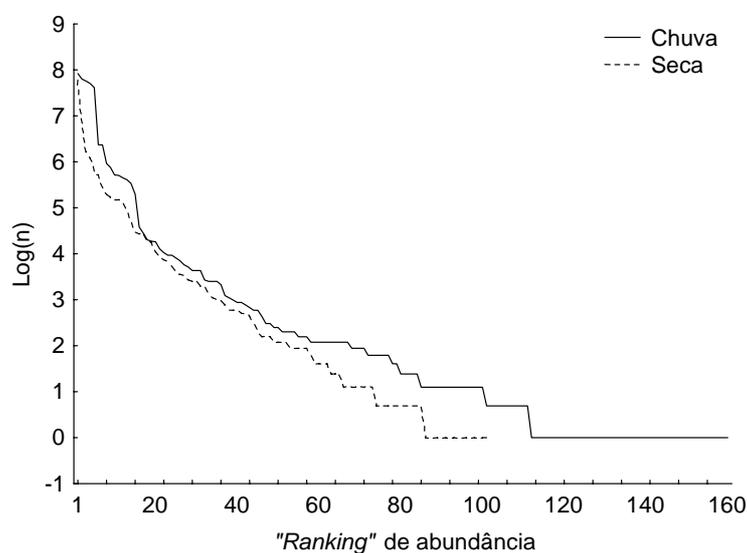


Figura 1 Ranking de abundância de espécies nos períodos de seca e chuva - Lapa Nova - 2009.

Fonte: Pellegrini (2011)

O conjunto dos nove setores amostrados no nível inferior da cavidade não apresentou diferenças significativas quando comparados os dois períodos amostrados. Houve uma grande sobreposição das abundâncias das espécies na seca e na chuva pela análise de similaridade feita através do n-MDS. Da mesma forma, o teste de ANOSIM não foi significativo ($p=0,0608$) (Figura 2).

Por outro lado, a análise de n-MDS realizada comparando-se os setores de entrada (com comunicação para o meio epígeo) e setores isolados, apresentou diferenças significativas entre os períodos de seca e chuva (Figura 3). Percebe-se claramente que as comunidades presentes nos setores 1, 4 e 5, que apresentam comunicação com meio epígeo (externo), são bastante distintas entre os dois períodos amostrados. Os setores isolados, por sua vez, não apresentam diferenças tão pronunciadas. As diferenças entre os setores foram altamente significativas também pelo teste de ANOSIM através do índice de Jaccard ($p<0,0001$).

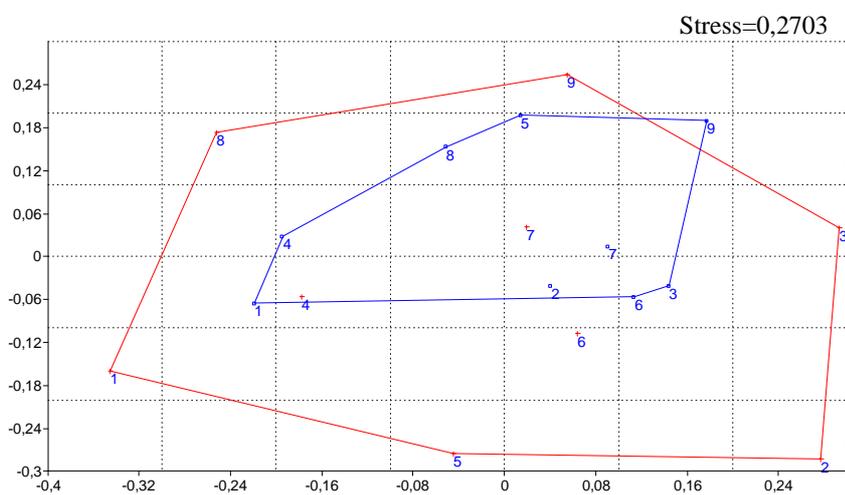


Figura 2 Escalonamento multidimensional (NMDS) de setores coletados na chuva (vermelho) e seca (azul), pela similaridade quantitativa de Jaccard – Lapa Nova – 2009.

Fonte: Pellegrini (2011)

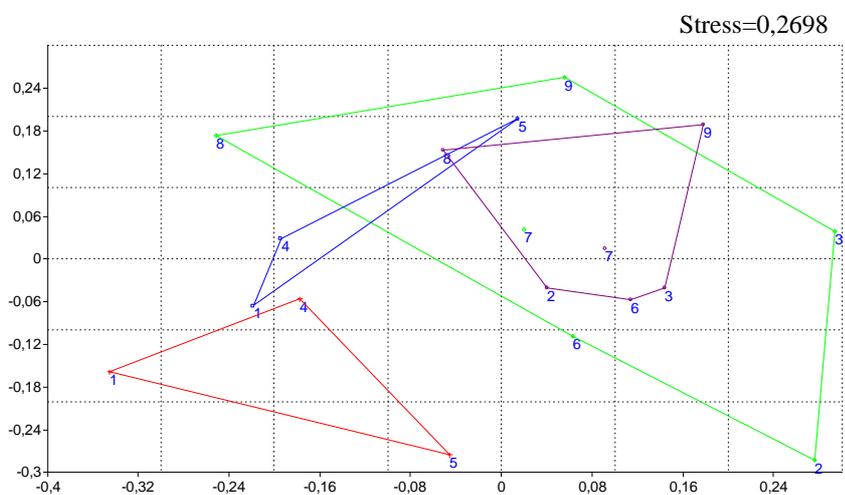


Figura 3 Escalonamento multidimensional (NMDS) de setores com aberturas ao meio epígeo na chuva (vermelho) e seca (azul) e setores isolados na chuva (verde) e seca (roxo), pela similaridade quantitativa de Jaccard – Lapa Nova – 2009.

Fonte: Pellegrini (2011)

De acordo com a análise de SIMPER, as espécies que mais contribuíram para as dissimilaridades apresentadas nos setores com comunicação com o meio epígeo, nos períodos de seca e chuva foram: Diptera sp3, responsável por aproximadamente 17% de tais diferenças; seguido por *Ipoena* sp, responsável por 4,9%; *Loxosceles variegata* (Araneae), com 3,8%; *Psyllipsocus* sp2 (Psocoptera), com 3,7%; Collembola sp2, com 3% e *Ctenus* sp (Araneae) 2,5% (Tabela 1). Estas espécies juntas responderam por mais de 50% das diferenças de similaridade apresentadas entre os períodos amostrados.

Tabela 1 Análise de SIMPER. Espécies que mais contribuíram para as dissimilaridades apresentadas pelos setores comunicação com o meio epígeo nos períodos de seca e de chuva – Lapa Nova – 2009.

Taxa	Contribution	Cumulative %	Seca	Chuva
Diptera sp3	17,1	24,59	30	762
<i>Ipoena</i> sp	4,925	31,67	118	42,7
<i>Loxosceles</i> sp1	3,854	37,21	103	108
<i>Psyllipsocus</i> sp2	3,712	42,55	84,7	10,3
Collembola sp2	3,024	46,9	56,3	78,7
<i>Ctenus</i> sp	2,535	50,54	18	112
<i>Psyllipsocus</i> sp1	2,232	53,75	50	5,67
Cholevidae sp	2,101	56,77	7,33	90,7
Tineidae sp1 (larva)	1,819	59,39	19,3	17
<i>Conicera</i> sp1	1,757	61,92	36	2,33
Theridiidae sp10	1,509	64,08	33,7	8
Staphylinidae sp6 (larva)	1,359	66,04	0	66,7
<i>Endecous</i> sp	1,301	67,91	18,7	46,7
<i>Eidimanacris</i> sp	1,092	69,48	24	10,3

Fonte: Pellegrini (2011)

Em regiões de entrada foi observada uma média de riqueza correspondente a 66 espécies (período de chuva) e 54 espécies (período seco). Nas regiões mais isoladas da caverna observou-se uma média de 28 espécies no período chuvoso e 24 espécies no período de seca (Tabela 2).

Tabela 2 Valores de riqueza nos dez setores no período de seca e de chuva; E=entrada, I=isolado – Lapa Nova – 2009.

Chuva			Seca		
Setor	Localidade	Riqueza	Setor	Localidade	Riqueza
1	E	93	1	E	79
2	I	23	2	I	29
3	E	21	3	E	26
4	E	60	4	E	55
5	I	44	5	I	28
6	I	38	6	I	30
7	I	31	7	I	26
8	I	37	8	I	29
9	I	38	9	I	24
10	I	7	10	I	3

Fonte: Pellegrini (2011)

DISCUSSÃO

Os organismos encontrados em Lapa Nova foram os mais comumente encontrados em cavernas calcárias brasileiras^{25, 16}. A proporção de espécies troglomórficas em Lapa Nova (3,2% do total) ficou acima da média encontrada por Souza-Silva (2008) para cavernas carbonáticas presentes na Mata Atlântica Brasileira (2,41%). Vale ressaltar que dentre as 21 cavernas carbonáticas amostradas na Mata Atlântica, 11 não apresentaram nenhum troglóbio. Em contrapartida, a maior proporção de troglóbios dentre as cavernas daquele estudo foi observada na Gruta Califórnia (Pau Brasil, BA), (7,9%).

Nas cavernas localizadas nos distrito espeleológico de Arcos, Pains e Doresópolis, essa proporção também foi, em média, inferior à encontrada em Lapa Nova, correspondendo a 1,66%²⁶. Mais uma vez, muitas das cavernas inventariadas naquela área não apresentaram nenhuma espécie troglóbia (184 do total de 295 cavidades). A caverna que obteve o maior percentual foi a Gruta do Capão II (Pains, MG), (15,8%). Entretanto, essa porcentagem de troglóbios pode ser tendenciosa, já que, quando a riqueza é muito baixa, o percentual se eleva facilmente. A Gruta do Capão II, com riqueza correspondente a 19 espécies, possui apenas 3 espécies troglóbias. O contrário ocorre na Gruta do Édem (Pains, MG), com 7 troglóbios e riqueza de 78 espécies (8,9%)²⁶ e também em Lapa Nova.

A estrutura de comunidades cavernícolas é influenciada por diversos fatores, dentre os quais se destacam os diferentes tipos de interações entre espécies. A competição, o parasitismo e a predação influenciam a distribuição espacial de diversos organismos¹⁷. Além disso, as condições físicas do habitat também determinam locais preferenciais de ocorrência de cada espécie. Em regiões de entradas de cavernas e minas subterrâneas existe um maior adensamento de muitas das populações¹³. Prous (2005) realizou um trabalho na região de ecótono na Lapa do Mosquito (Curvelo, MG) e observou que existe

um aumento considerável da riqueza na região da entrada quando comparado a outros setores da cavidade. O mesmo foi observado na Lapa Nova, na qual as regiões de entrada apresentaram uma média de riqueza bastante superior à observada em regiões mais interiores da caverna

A estabilidade de um dado sistema subterrâneo varia de acordo com as condições morfológicas de cada cavidade. Dentre essas condições destacam-se as características gerais das entradas e sua relação (proporção métrica) com a dimensão da caverna⁵. Entradas mais amplas ou um maior número de entradas diminuem a estabilidade ambiental de uma cavidade⁵. Tal fato foi comprovado pelo *n-MDS* realizado comparando-se os períodos de seca e de chuva em Lapa Nova. As regiões de entrada foram as que mais sofreram variações de um período para o outro, enquanto que as populações mais interiores permaneceram mais estáveis. Pôde-se observar, ainda, que a maior riqueza de setores de entrada em relação aos outros setores na estação chuvosa foi mais pronunciada do que na seca.

Poucos estudos dizem respeito às variações da comunidade cavernícola em função da sazonalidade. Tais estudos se concentram em regiões temperadas, onde essas variações são mais marcantes²¹. Em La Cueva Chiva, no México, estudos das variações da comunidade de invertebrados indicaram que os regimes de chuva podem ter um importante impacto sobre a fauna^{23, 22}. No Brasil, trabalhos que avaliaram alterações temporais em comunidades subterrâneas são raros.

Gomes e colaboradores (2000) avaliaram se a abundância e distribuição espacial da comunidade associada à Gruta Ciminás (Pedro Leopoldo, MG) variava entre as estações de seca e chuva ao longo de um ano. Nesta gruta foi observado que as estações seca e chuvosa influenciaram de forma diferente os organismos da caverna. Algumas populações sofreram alterações mais drásticas, enquanto outras permaneceram com abundância e distribuição espacial pouco

alterada. O mesmo foi observado em Lapa Nova, na qual algumas espécies tiveram uma redução severa no tamanho populacional, enquanto outras apresentaram um aumento suas abundâncias. Algumas espécies, no entanto, apresentaram alterações pouco significativas, como o caso da aranha marrom (*Loxosceles variegata*).

Ferreira (2004) realizou um estudo envolvendo diversas cavernas de Minas Gerais: gruta de Maquiné e Salitre (Cordisburgo), gruta dos Piriás (Matozinhos), gruta Taboa (Sete Lagoas), e grutas Rezar, Janelão, Brejal, Caboclo e Carlúcio (todas situadas em Januária e Itacarambi). Nestas cavernas, foram efetuadas pelo menos duas coletas, uma delas no pico da estação chuvosa e a outra no pico da estação seca. Dentre as nove cavernas amostradas, seis (Maquiné, Piriás, Taboa, Salitre, Rezar e Janelão) apresentaram maiores valores de riqueza no período chuvoso, como o observado em Lapa Nova. Por outro lado, no estudo de Ferreira (2004), a diversidade e equitabilidade variaram ao longo do tempo sem que houvesse um padrão bem estabelecido. Na Lapa Nova a diversidade e equitabilidade foram maiores no período de seca.

Um fator que pode desencadear maiores riqueza e abundância em períodos de chuva diz respeito à biologia de cada grupo. Pellegatti-Franco (2004) realizou um estudo com a biologia e ecologia populacional das aranhas *Ctenus fasciatus* e *Enoploctenus cyclotorax*, em cavernas do Vale do Ribeira (São Paulo e Paraná). O número de indivíduos variou sazonalmente com os picos coincidindo com os períodos reprodutivos (novembro a março). Portanto, as notáveis diferenças de distribuição e abundância de algumas aranhas em Lapa Nova podem ter concordância com o período reprodutivo de tais espécies.

Lapa Nova apresentou valores de complexidade bastante elevados quando comparados aos encontrados em outras cavernas, como as amostradas por Ferreira (2004). De acordo com a classificação proposta por este autor, Lapa Nova é considerada como de complexidade extrema. Até o presente momento, o

maior valor calculado correspondeu a 10,5, representado pela Gruta do Janelão ⁵. Esta caverna também possui dimensões consideráveis, com mais de 4.700 metros de extensão. Entretanto, sua morfologia e grande interface com o ambiente externo a torna um ambiente bastante distinto do encontrado em Lapa Nova.

Zampaulo (2010) observou que o índice de complexidade ecológica se relacionou positiva e significativamente com o desenvolvimento linear das cavernas de Arcos, Pains e Doresópolis. Portanto, muito provavelmente, os altos valores de complexidade encontrados em Lapa Nova têm relação com o grande tamanho da caverna (4,5 km), que ocupa o 23º lugar no ranking das maiores cavernas do Brasil ¹. Tal fato era esperado, uma vez que cavernas maiores tendem a exibir uma maior variedade de micro-habitats e uma maior quantidade de recursos para a fauna ^{3,5}.

São poucas as cavernas onde se obtêm variações temporais nos valores de complexidade. Ferreira (2004) observou notáveis variações nesses valores em cavernas amostradas em diferentes estações do ano. Cavernas situadas na região central de Minas Gerais (Maquiné, Taboa, Piriás e Salitre) apresentaram maiores valores de complexidade nas estações chuvosas. Antagonicamente, cavernas localizadas na porção norte do estado (Janelão, Brejal, Rezar, Caboclo e Carlúcio), apresentaram maiores valores de complexidade nas estações secas, exceto para a gruta do Brejal. Lapa Nova, localizada na região nordeste de Minas Gerais, possuiu um padrão condizente com o esperado para as cavidades do norte do estado.

A região norte de Minas Gerais possui uma estação seca bastante intensa, na qual as árvores perdem as folhas, expondo excessivamente o solo junto ao sol. Dessa forma, a alta incidência solar no ambiente epígeo favorece a colonização das cavernas, que funcionam como refúgio, uma vez que estes são ambientes mais úmidos e sem incidência de luz.

Entretanto, esta explicação não pode ser atribuída à Lapa Nova. No período de seca houve uma diminuição acentuada na riqueza e abundância quando comparado com a estação chuvosa. O que pode ocorrer nesta caverna no período de seca, é que a redução da disponibilidade das águas de percolação, deve favorecer uma maior dispersão dos organismos pela cavidade à procura de condições microclimáticas mais favoráveis. Foi observado *in loco*, que durante a coleta da seca, os organismos se concentravam em áreas onde havia manchas de umidade no solo, como pequenas áreas de gotejamento. Estas áreas se distribuíam em pontos esparsos da caverna, favorecendo assim uma maior dispersão dos organismos e conseqüentemente elevando a possibilidade de ocorrerem interações entre as espécies.

Além disso, de acordo com o índice de complexidade proposto por Ferreira (2004), os “*uniques*”, diminuem o valor médio de distribuição populacional (VMDP) e, conseqüentemente, a complexidade de uma caverna. Portanto, um dos fatores que pode ter contribuído para uma maior complexidade no período de seca, foi que o número de espécies raras encontradas nesse período foi bem inferior ao observado no período chuvoso, como evidenciado pelo “*Ranking de Abundância*” (Figura 2).

Lapa Nova se mostrou um sistema bastante peculiar, não somente no que diz respeito às suas dimensões, mas também quanto aos padrões existentes na fauna associada. As mudanças temporais sofridas pela comunidade são bastante intrigantes e propõem padrões diferenciados dos existentes em outras cavernas de Minas Gerais. A complexidade encontrada atingiu valores elevados, nunca antes encontrados. Fica evidente a necessidade de se realizar estudos como este, ainda que com escalas temporais mais longas para que se possam confirmar as mudanças sazonais sofridas pelas comunidades cavernícolas.

AGRADECIMENTOS

Aos colegas de trabalho Érika Linzi S. Taylor, Maysa Fernanda V. R. Souza, Marconi Souza Silva, pelo auxílio em campo. Aos colegas Daniele C. Pompeu, Maysa F. V. de Souza e Leopoldo Bernardi, pelo auxílio na identificação do material. Ao professor Paulo dos Santos Pompeu, pelo auxílio nas análises estatísticas. Por fim, ao pesquisador Rodrigo Lopes Ferreira, pelo auxílio nas análises dos dados e co-autoria do trabalho.

REFERÊNCIAS

1. Auler, A. S., Rubbioli, E., Brandi, R. *As grandes cavernas do Brasil*. Belo Horizonte: Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas. 2001, 228p.
2. Barr, T. C., Kuehne, R. A. Ecological studies in Mammoth Cave ecosystems of Kentucky. *Ann. Spéléol.*, 26: 47-96, 1971.
3. Christman, M.C., Culver, D.C. The relationship between cave biodiversity and available habitat. *J. Biogeogr.*, 28: 367-380, 2001.
4. Culver, D.C., Pipan, T. *The Biology of Caves and other Subterranean Habitats*. Oxford University Press, 2008, 254p.
5. Ferreira, R. L. A medida da complexidade ecológica e suas aplicações na conservação e manejo de ecossistemas subterrâneos. Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Belo Horizonte, MG, UFMG. 2004, 158 p.
6. Ferreira, R.L. A vida subterrânea nos campos ferruginosos. *O Carste*, 17(3): 106-115, 2005.

7. Gomes, F.T.M.C., Ferreira, R.L., Jacobi, C.M. Comunidade de artrópodes de uma caverna calcária em área de mineração: composição e estrutura. *Rev. Bras. Zooc.*, 2(1): 77-96, 2000.
8. Huppopp, K. Adaptation to Low Food. 4-10 p. In: Culver, D.C., White, W.B. *Encyclopedia of caves*. California. Elsevier Academic Press, 2005, p.4-10.
9. Kane, T.C., Poulson, T.L. Foraging by cave beetles: spatial and temporal heterogeneity of prey. *Ecology*, 57: 793-800, 1976.
10. Magurran, A. *Ecological diversity and its measurement*. Cambridge: British Library, 1988, 177p.
11. Mc'Cann, K.S. The diversity-stability debate. *Nature*, 405: 228-233, 2000.
12. Oliveira, M.A., Ferreira, R.L., Carneiro, M.A., Diotaiuti, L. Ecology of *Cavernicola pilosa* barber, 1937 (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) in the Boa Esperança Cave, Tocantins, Brazil. *Ecotropica*, 14: 63-68, 2008.
13. Peck, S B. A review of the cave fauna of Canada, and the composition and ecology of the invertebrate fauna of cave and mines in Ontário. *Can. J. Zool.*, 66(5): 1197-1213, 1988.
14. Pellegatti-Franco, F. Biologia e ecologia populacional de *Ctenus fasciatus* Mello-Leitão e *Enoploctenus cyclothorax* (Bertkau) em cavernas do Alto Ribeira, Iporanga, São Paulo (Araneae: Ctenidae) Doutorado em Zoologia - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, SP, USP. 2004, 136 p.

15. Pimm, S.L. The complexity and stability of ecosystems. *Nature*, 307(26): 321-326, 1984.
16. Pindo-da-Rocha, R. Sinopse da fauna cavernícola do Brasil (1907-1992). *Pap. Avulsos Zool.*, 39(6): 61-173, 1995.
17. Poulson, T.L. The Mammoth Cave ecosystem. In: Camacho, A.I. *The natural history of biospeleology*. Madrid, Spain, National Museum of Natural Sciences: 1992, p.569-611.
18. Poulson, T.L. Cave adaptations in amblyopsid fishes. *Am. Midl. Nat.*, 70: 257-90, 1963.
19. Poulson, T. L., White, W.B. The cave environment. *Science*, 165: 971-981, 1969.
20. Prous, X., Ferreira, R.L., Martins, R.P. Ecotone delimitation: epigean-hypogean transition in cave ecosystems. *Austral Ecol.*, 29: 374-382, 2004.
21. Romero, A. *Cave Biology*. Cambridge University Press, New York, 2009, 319p.
22. Romero, A. The life and work of a little known biospeleologist: Theodor Tellkamp. *J. Spel. Hist.*, 36: 68-76, 2002
23. Romero, A. Introgressive hybridization in a population of *Astyanax fasciatus* (Pisces: Characidae) at La Cueva Chica. *Natl. Spel. Soc. Bull.*, 45:81-5. 1983.
24. Souza-Silva, M. Ecologia e conservação das comunidades de invertebrados cavernícolas na mata atlântica brasileira. Doutorado em

Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Belo Horizonte, MG, UFMG. 2008, 225 p.

25. Trajano, E., Gnaspini-Netto, P. Composição da fauna cavernícola brasileira, com uma análise da distribuição dos táxons. *Rev. Bras. Zool.*, 7(3): 383-407, 1991.
26. Zampaulo, R.A. Diversidade de invertebrados cavernícolas na província espeleológica de Arcos, Paíns e Doresópolis (MG): Subsídios para a determinação de áreas prioritárias para a conservação. Mestrado em Ecologia Aplicada e Conservação de Recursos em Paisagens Fragmentadas e Agrossistemas, Lavras, MG, UFLA. 2010, 207 p.
27. Yodzis, P. The conectance of real ecosystems. *Nature*, 284: 544-545, 1980.

APÊNDICE 1- Lista das morfoespécies encontradas nos períodos de chuva e seca – Lapa Nova – 2009.

Táxon	Chuva (04/07)	Seca (15/09)	Totais
Araneae			
<i>Nops</i> sp	3	8	11
Nemesidae sp1	6	0	6
Nemesidae sp2	3	0	3
Deinopidae sp	1	0	1
Ctenidae (<i>Ctenus</i> sp)	391	143	534
Pholcidae (<i>Mesabolivar</i> sp)	8	2	10
Salticidae sp	11	45	56
Segestriidae sp	2	0	2
Gnaphosidae sp	1	0	1
Theridiidae sp1	6	0	6
Theridiidae sp2	1	0	1
Theridiidae sp3	1	0	1
Theridiidae sp4	1	10	11
Theridiidae sp5	1	0	1
Theridiidae sp6	1	0	1
Theridiidae sp7	2	0	2
Theridiidae sp8	2	1	3
Theridiidae sp9	18	70	88
Theridiidae sp10	61	167	228
Theridiidae sp11	2	9	11
Theridiidae sp12	1	0	1
Theridiidae sp13	0	2	2
Theridiidae sp14	0	1	1
Theridiidae (<i>Theridium</i> sp)	71	14	85
Scicariidae (<i>Loxosceles variegata</i>)	2221	2403	4624
Scicariidae (<i>Loxosceles</i> sp2)	1	0	1
Oonopidae sp	8	21	29
Araneae sp1	1	0	1
Araneae sp2	1	0	1
Araneae sp3	2	0	2

Opiliones

...“continua”...

APÊNDICE 1, continua

	Táxon	Chuva (04/07)	Seca (15/09)	Totais
	Gonyleptidae sp1	3	0	3
	Gonyleptidae sp2	1	0	1
	Gonyleptidae sp3 (3)	53	30	83
	Opiliones imaturo (4)	3	2	5
Acari				
	Rhagidiidae sp	30	6	36
	Ologamasidae sp	3	0	3
	Melicharidae (<i>Proctolaelaps</i> sp)	9	0	9
	Anystidae (<i>Erythracarus</i> sp)	28	4	32
	Laelapidae (<i>Stratiolaelaps</i> sp)	5	1	6
	Macronistidae sp	4	2	6
	Podocinidae (<i>Podocinum</i> sp)	8	0	8
	Teneriffiidae sp	11	3	14
	Laelapidae sp	2	0	2
	Bdellidae (<i>Bdellodes</i> sp)	4	3	7
	Acaridae sp	50	0	50
	Ixodidae sp	1	0	1
	Cheyletidae sp	7	0	7
	Opioidea sp	0	1	1
	Astigmata sp	0	1	1
Pseudoscorpiones				
	Chthoniidae sp	10	15	25
	Cheiridiidae sp	22	12	34
	Chernetidae sp1	53	42	95
	Chernetidae sp2	1	1	2
Palpigradi				
	Eukoeneniidae (<i>Eukoenenia</i> sp1)	12	36	48
	Eukoeneniidae (<i>Eukoenenia</i> sp2)	0	1	1
Geophilomorpha				
	Geophilidae sp	1	1	2
Lithobiomorpha				
	Henicopidae sp	7	2	9
				...“continua”...

APÊNDICE 1, continua

	Táxon	Chuva (04/07)	Seca (15/09)	Totais
Scutigeromorpha				
	Scutigeromorpha sp	14	0	14
Diplopoda				
	Pseudonannolenidae (<i>Pseudonannolene</i> sp)	9	1	10
Isopoda				
	Stylonicidae sp	1	0	1
	Dubioniscidae sp	3	0	3
	Platyarthridae (<i>Trichorhina</i> sp)	10	4	14
Ostracoda				
	Ostracoda sp1	21	0	21
	Ostracoda sp2	0	35	35
Pulmonata				
	Stylommatophora sp1	1	0	1
	Stylommatophora sp2	2	0	2
	Stylommatophora sp3	3	0	3
	Stylommatophora sp4	1	0	1
Oligochaeta				
	Lumbricidae sp	43	5	48
Hirudinoidea				
	Hirudinida sp	1	0	1
Coleoptera				
	Cholevidae sp	357	31	388
	Ptilodactylidae sp	20	5	25
	Carabidae sp1	9	18	27
	Carabidae sp2	16	0	16
	Carabidae sp3	0	1	1
	Staphylinidae sp1	8	3	11
	Staphylinidae sp2	1	0	1
	Staphylinidae sp3	7	3	10
	Staphylinidae sp4	47	4	51
	Staphylinidae sp5	31	0	31

...“continua”...

APÊNDICE 1, continua

Táxon	Chuva (04/07)	Seca (15/09)	Totais
Staphylinidae sp6	1	1	2
Elateridae sp1	1	0	1
Elateridae sp2	0	5	5
Histeridae sp	1	7	8
Tenebrionidae (<i>Zophobas</i> sp)	19	7	26
Ptiliidae sp	0	1	1
Larva de Tenebrionidae sp2	2	27	29
Larva de Staphylinidae sp2	8	0	8
Larva de Tenebrionidae sp1	3	1	4
Larva de Staphylinidae sp6	200	0	200
Larva de Coleoptera sp8	1	0	1
Larva de Carabidae sp	4	0	4
Larva de Coleoptera sp10	1	0	1
Larva de Coleoptera sp12	1	0	1
Larva de Dermestidae sp1	1	0	1
Larva de Dermestidae sp2	1	0	1
Ensifera			
Ensifera sp	1		1
Phalangopsidae (<i>Endecous</i> sp)	558	305	863
Phalangopsidae (<i>Eidmanacris</i> sp)	38	87	125
Lepdóptera			
Tineidae sp1	4	48	52
Tineidae sp2	286	199	485
Noctuidae (<i>Ipoena</i> sp)	301	434	735
Noctuidae (<i>Latebraria</i> sp)	1	7	8
Arctiidae sp	0	1	1
Larva de Tineidae sp1	584	84	668
Larva de Tineidae sp2	30	2	32
Larva de Lepdoptera sp	1	0	1
Pupa de Lepdoptera sp	1	0	1
Hymenoptera			
Formicidae sp1	7	57	64
Formicidae (<i>Acromyrmex</i> sp)	1	0	1
Formicidae sp3	3	0	3

...“continua”...

APÊNDICE 1, continua

	Táxon	Chuva (04/07)	Seca (15/09)	Totais
	Formicidae sp4	38	15	53
	Formicidae sp5	1	0	1
	Hymenoptera sp1	6	0	6
	Hymenoptera sp3	1	0	1
	Braconidae sp	2	3	5
Homoptera				
	Homoptera sp1	8	0	8
	Cicadellidae sp	3	0	3
Blattodea				
	Blattodea sp1	304	224	528
	Blattodea sp2	1	0	1
Hemiptera				
	Reduviidae (<i>Zelurus</i> sp)	5	2	7
	Hebridae sp1	56	16	72
	Hebridae sp2	10	16	26
	Hebridae sp3	3	0	3
	Hebridae sp4	1	0	1
	Hebridae sp5	1	0	1
	Cydnidae sp1	2	0	2
	Cydnidae sp2	6	0	6
	Cydnidae sp3	41	7	48
	Veliidae sp	8	2	10
	Ploiaridae sp	86	70	156
Collembola				
	Entomobryidae sp1	38	34	72
	Entomobryidae sp2	253	312	565
	Entomobryidae sp3	98	30	128
	Entomobryidae sp4	3	0	3
	Entomobryidae sp5	0	20	20
	Arrhopalitidae (<i>Arrhopalites</i> sp)	12	8	20
	Hypogastruridae (<i>Acherontides</i> sp)	19	1	20
Isoptera				
	Nasutitermitinae sp	3	2	5

...“continua”...

APÊNDICE 1, continua

Táxon	Chuva (04/07)	Seca (15/09)	Totais
Psocoptera			
Psyllipsocidae (<i>Psyllipsocus</i> sp1)	72	500	572
Psyllipsocidae (<i>Psyllipsocus</i> sp2)	274	844	1118
Psyllipsocidae (<i>Psyllipsocus</i> sp3)	10	84	94
Psyllipsocidae (<i>Psyllipsocus</i> sp4)	0	16	16
Liposcelidae (<i>Liposcelis</i> sp)	2	2	4
Lepidopsocidae (<i>Nepticulomima</i> sp)	8	8	16
Ptiloneuridae (<i>Euplocania</i> sp1)	6	0	6
Ptiloneuridae (<i>Euplocania</i> sp2)	6	0	6
Psocoptera imaturo sp4	3	9	12
Psocoptera imaturo sp5	8	20	28
Diptera			
Drosophilidae (<i>Drosophila</i> sp1)	2033	23	2056
Milichiidae sp	16	0	16
Phoridae sp	2	0	2
Phoridae sp2	1	0	1
Psychodidae sp1	1	0	1
Psychodidae (<i>Lutzomyia</i> sp1)	4	3	7
Psychodidae sp3	3	0	3
Psychodidae sp4	2	3	5
Psychodidae sp5	1	0	1
Phoridae (<i>Conicera</i> sp1)	17	187	204
Cecidomyiidae sp	0	1	1
Diptera sp2	1	0	1
Acromyzidae sp	2340	114	2454
Diptera sp4	1	0	1
Diptera sp5	0	1	1
Muscidae sp	0	1	1
Drosophilidae sp2	0	1	1
Pupa de Diptera sp1	1	0	1

...“continua”...

APÊNDICE 1, conclusão

Táxon	Chuva (04/07)	Seca (15/09)	Totais
Larva de Keroplatidae sp	2	0	2
Larva de Chironomidae sp1	1	0	1
Larva de Chironomidae sp2	30	50	80
Larva de Chironomidae sp3	3	0	3
Larva de Mycetophilidae sp	1	2	3
Larva de Diptera sp1	2757	177	2934
Larva de Diptera sp2	2454	178	2632
Larva de Diptera sp3	8		8
Larva de Diptera sp4	1		1
Larva de Diptera sp5	1	0	1
Nematoda			
Nematoda sp	74	0	74
Abundância	16974	7428	24402
Riqueza	161	91	

Fonte: Pellegrini (2011)

ARTIGO 2

**ALTERAÇÕES NA COMUNIDADE DE INVERTEBRADOS EM
VIRTUDE DO USO TURÍSTICO/RELIGIOSO DE LAPA NOVA**

O artigo foi redigido conforme as normas da revista científica “*Brazilian Journal of Nature and Conservation*”, ISSN online 2178-3675, ISSN print 1679-0073, (versão preliminar).

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar os impactos sofridos pela comunidade de invertebrados associados à Lapa Nova em virtude do turismo da Festa em Louvor à Nossa Senhora da Lapa, na qual milhares de turistas visitam a caverna. Além da elaboração de um plano de manejo adequado ao uso turístico/religiosos da cavidade. Para tanto, foi proposta uma metodologia inédita. Foram definidas áreas com diferentes intensidades de visitação, nas quais foram delimitados retângulos para serem detalhadamente vistoriados antes e durante o evento turístico. Os resultados mostram que as populações que residem em regiões onde existe uma visitação mais intensa sofrem mudanças em sua distribuição após a festa. Em consequência do turismo, os organismos se deslocam para locais periféricos à área visitada, que funcionam como refúgios para as comunidades. Dentre as espécies que apresentaram um maior deslocamento durante o evento, merecem destaque as aranhas-marrons (*Loxosceles variegata*). Esta é uma espécie de importância médica, e muito provavelmente devido ao seu tamanho corporal, possui maior facilidade de deslocamento para outros locais da caverna. Consequentemente, esta espécie responde rapidamente às condições impostas pelo turismo intenso, migrando localmente e diminuindo assim a probabilidade de que algum turista seja picado. Aparentemente, o fato de existirem locais em Lapa Nova inacessíveis aos turistas, diminui o impacto sofrido pela comunidade de invertebrados, uma vez que estes servem como refúgios aos organismos cavernícolas durante a romaria. Desta forma, o plano de manejo recomendado para a cavidade consiste basicamente na delimitação de caminhamentos para os turistas, permitindo o refúgio dos invertebrados em locais periféricos às áreas visitadas, mantendo-se as áreas não visitadas vetadas ao turismo. Pretende-se, contudo, conciliar o uso turístico/religioso da cavidade com a preservação da fauna cavernícola.

Palavras-chave: Plano de manejo. Preservação. Deslocamento. Turismo. Caminhamento.

INTRODUÇÃO

Cavernas são cavidades naturais subterrâneas. Estes ambientes são importantes do ponto de vista ecológico por apresentarem certas peculiaridades. Nesses sistemas, a amplitude da variação dos parâmetros ambientais, especialmente temperatura, é menor do que a encontrada no ambiente externo circundante (Barr & Kuehne 1971; Poulson & White 1969). Outra condição imposta ao ambiente cavernícola é a total falta de luz, e este fator exerce uma forte pressão evolutiva sobre as espécies presentes, funcionando como uma barreira à colonização de cavernas por organismos epígeos (superfície) (Culver & Pipan 2008).

Além de condições bióticas peculiares, as cavernas apresentam um conjunto de formações geológicas singulares, de grande beleza cênica, que funcionam como atrativos para o uso turístico destes sistemas. Hamilton-Smith (2004) definiu cavernas turísticas simplesmente como aquelas que despertam o interesse do público em geral, havendo cobrança de ingressos ou algum outro tipo de retorno financeiro (e.g. venda de souvenirs).

De acordo com Marra (2001), no contexto mundial, o turismo em cavidades naturais – espeleoturismo – se desenvolve a muitos anos, sendo a Caverna Postojnska Jama, localizada na Postojna, Eslovênia, a mais antiga a ser visitada para fins de turismo de contemplação. Esse mesmo autor aponta a Gruta de Bom Jesus da Lapa, na Bahia, como o registro mais antigo no Brasil de adaptação de uma cavidade natural para o uso público, em função das romarias religiosas realizadas desde os anos de 1690. Lino (2001) cita a Gruta do Maquiné como uma das primeiras a possuir um sistema de manejo turístico com iluminação elétrica no país.

A motivação religiosa pode ser compreendida como a precursora do turismo em cavernas. A maioria dos casos a manifestação cultural acontece

principalmente nas zonas de entrada, como na Lapa da Terra Ronca, em São Domingos (GO), ou na Gruta da Mangabeira, em Ituaçu (BA) (Carste Consultores Associados 2009). Entretanto, esta manifestação pode não se restringir a esta região, como é o caso da Gruta da Lapinha, em Barra da Estiva (BA) e a Lapa Velha de Vazante (MG), onde o turismo também se desenvolve em regiões mais interiores da caverna.

Em todas as suas formas de ocorrência, o fenômeno cultural é de inquestionável valor patrimonial imaterial. No entanto, estes usos provocam impactos diversos nos ambientes cavernícolas. Seu uso desordenado pode resultar na degradação de suas condições naturais, seja pela compactação do solo, em consequência do caminhamento dos turistas; alterações nas propriedades físicas da atmosfera cavernícola (e.g. temperatura, umidade, CO₂, alterando condições ideais para a formação de espeleotemas); descarte de substâncias líquidas ou sólidas em locais inapropriados; vandalismo; desequilíbrio da comunidade em função da perda de algumas espécies ou surgimento de espécies exóticas; instalação de estruturas físicas como altares, escadarias, pavimentação e corrimões; ou ainda pela coleta indireta de água e espeleotemas por seus supostos poderes curativos ou meramente como souvenirs (Hamilton-Smith 2004; Lobo *et al.* 2007; Pulido-Bosh *et al.* 1997; Romero 2009).

Outra consequência do turismo em cavernas diz respeito à instalação de sistemas de iluminação elétrica, que leva ao crescimento de algas, cianobactérias, musgos e líquens (Aley 2004). O mesmo autor aponta que esses organismos, além de mudarem a aparência das cavernas, liberam ácidos orgânicos que corroem a superfície de espeleotemas e eventualmente de pinturas rupestres presentes nas rochas das cavidades.

De acordo com Hamilton-Smith (2004), os impactos mais severos existentes em uma caverna turística, são geralmente resultado de ações

inapropriadas do seu uso, com infraestrutura e instalações inadequadas. Uma forma de se contornar os problemas inerentes ao uso turístico/religioso de uma caverna é através da elaboração de um plano de manejo, conciliando, assim, a atividade cultural com a preservação da integridade física e biológica do ambiente cavernícola. A preservação deste ambientes é importante não apenas em termos de preservação da biodiversidade, mas também porque esses sistemas servem como laboratórios naturais para o estudo de processos evolucionários de adaptação e especiação (Howarth 1983).

Para haver a elaboração de um bom plano de manejo, deve-se tentar preservar, a priori, organismos que apresentam um maior risco de extinção. Em cavernas, muitas vezes encontram-se organismos troglóbios, estes somente são capazes de manter uma população viável nesses ambientes. Tais espécies tendem a exibir um alto grau de endemismo e por diversas vezes se restringem a uma só cavidade (Barr & Holsinger 1985). Desta forma, a supressão da população de uma espécie troglóbia poderia culminar com a extinção da espécie. Entretanto, a determinação do efetivo “status” troglóbio de um organismo no Brasil é dificultada devido falta de taxonomistas. Uma forma de contornar essa situação é identificar esses organismos a partir dos chamados “*trogloformas*”. Tais “estruturas” ou condições” consistem de caracteres morfológicos, em geral presentes em espécies troglóbias, tais como redução de estruturas oculares, das asas, despigmentação e alongamento de apêndices locomotores e sensoriais (Christiansen 1962). Por outro lado, a forma mais segura de se garantir a proteção de espécies vulneráveis à extinção é garantindo a preservação de todo o seu habitat físico (Ebrahard 2001).

OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivos:

1. Avaliar as alterações sofridas pela comunidade de invertebrados em função da visitação humana na caverna Lapa Nova;
2. Determinar a distribuição de aranhas de importância médica, que oferecem riscos aos visitantes;
3. Determinar a distribuição de organismos troglomórficos ao longo de toda a cavidade;
4. Propor diretrizes para um programa de manejo de fauna desta cavidade, visando sua utilização turístico-religiosa com a minimização dos impactos causados por estas atividades.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O presente estudo foi realizado na caverna dolomítica Lapa Nova, localizada em Vazante, Noroeste de Minas Gerais. Considerando-se a região Noroeste do estado e porções limítrofes do estado de Goiás e Distrito Federal, trata-se da caverna mais conhecida e visitada, além de ser a segunda caverna mais extensa da região. Em termos nacionais, está entre as 35 maiores cavernas do Brasil, sendo a sexta em desenvolvimento no estado de Minas Gerais (Auler *et al.* 2001).

A entrada principal da caverna compreende uma abertura descendente, bastante ampla, por onde os turistas acessam a cavidade. Sua segunda entrada, também ampla, é de difícil acesso, embora constitua uma importante via de importação de matéria orgânica (folhas e troncos) provenientes do ambiente externo. Existem também dois níveis superiores, que se caracterizam pela predominância de áreas secas e escassez de recursos alimentares.

Lapa Nova é de grande importância não só devido a seus atributos dimensionais e geológicos, mas também por se inserir em uma zona urbana e ser alvo de freqüentes visitas. A caverna, embora não possua estrutura ou plano de manejo para o turismo em massa, é visitada há pelo menos 128 anos, em função da Festa em Louvor à Nossa Senhora da Lapa, funcionando como um pólo local de turismo (Auler *et al.* 2001). O evento é uma das maiores festas religiosas do Brasil, que acontece nos dias 1º, 2 e 3 de maio, conta com uma população flutuante de até 50 mil pessoas (Oliveira Mello 1977).

No que diz respeito à proteção ambiental, Lapa Nova está inserida na Área de Proteção Especial Estadual Lapa Nova, criada pelo Decreto Estadual nº 30.936, com 75,01 ha. Mesmo com essa proteção legal, a cavidade está sob risco, sendo classificada como área potencial para a conservação de invertebrados pelo “Atlas para conservação da biodiversidade de Minas Gerais” (Drummond *et al.* 2005). A inclusão da cavidade nessa categoria se deve à existência de pressões antrópicas na região, tais como expansão urbana, mineração na área de entorno e turismo desordenado.

Metodologia de trabalho

Primeiramente foi realizada uma caracterização dos recursos alimentares presentes na cavidade, bem como suas principais vias de acesso. Os recursos orgânicos visíveis foram examinados *in situ* e plotados em um mapa caverna. Além disso, foram também caracterizadas as alterações diretas encontradas na cavidade em decorrência de seu uso antrópico.

Concomitantemente à caracterização dos recursos alimentares e alterações antrópicas, foi realizada uma coleta de invertebrados em toda a extensão da cavidade, excetuando-se o nível superior um, devido à dificuldade de acesso. Essa coleta foi feita manualmente, com auxílio de pinças, pincéis e puçás, dando-se especial atenção a micro-habitats tais como debaixo de troncos

e rochas, além de outros acúmulos de matéria orgânica, segundo a metodologia proposta por Ferreira (2004). Cada espécie foi representada por meio de um número, plotado no mapa, no local correspondente à captura ou à observação do indivíduo correspondente.

A realização desse método de coleta durante o período de visitação em massa seria inviável, em função do enorme número de pessoas que visita a caverna. Desta forma, foi proposta uma metodologia inédita para se avaliar os efeitos da visitação sob os invertebrados cavernícolas. Para tal, o inventário prévio foi imprescindível para que fossem determinadas áreas de maior concentração de organismos. Tal determinação possibilitou o direcionamento das coletas antes e durante o período de visitação. A nova proposta metodológica é descrita a seguir.

Foram definidas quatro áreas para serem detalhadamente vistoriadas, com uma amostragem anterior (dia 10 de Abril de 2009) e outra no último dia da 128ª festa (dia 3 de Maio de 2009). Tais áreas compreenderam: 1) áreas de visitação intensa; 2) áreas periféricas à visitação; 3) áreas de visitação moderada e 4) áreas não visitadas (de acesso proibido aos turistas). Em cada uma das regiões foram determinadas áreas de coleta onde sabidamente existiam invertebrados.

Em cada uma destas regiões foram demarcados retângulos no piso, de dimensão correspondente a 3 metros de largura por 15 metros de comprimento. Os retângulos foram demarcados em locais onde sabidamente existia um número considerável de indivíduos, portanto, o número de retângulos por área foi bastante variável. Foram demarcados três retângulos na área de visitação intensa, dois em áreas periféricas à visitação, um em área de visitação moderada e quatro retângulos em áreas onde não há visitação, totalizando dez retângulos amostrados (Figura 1).

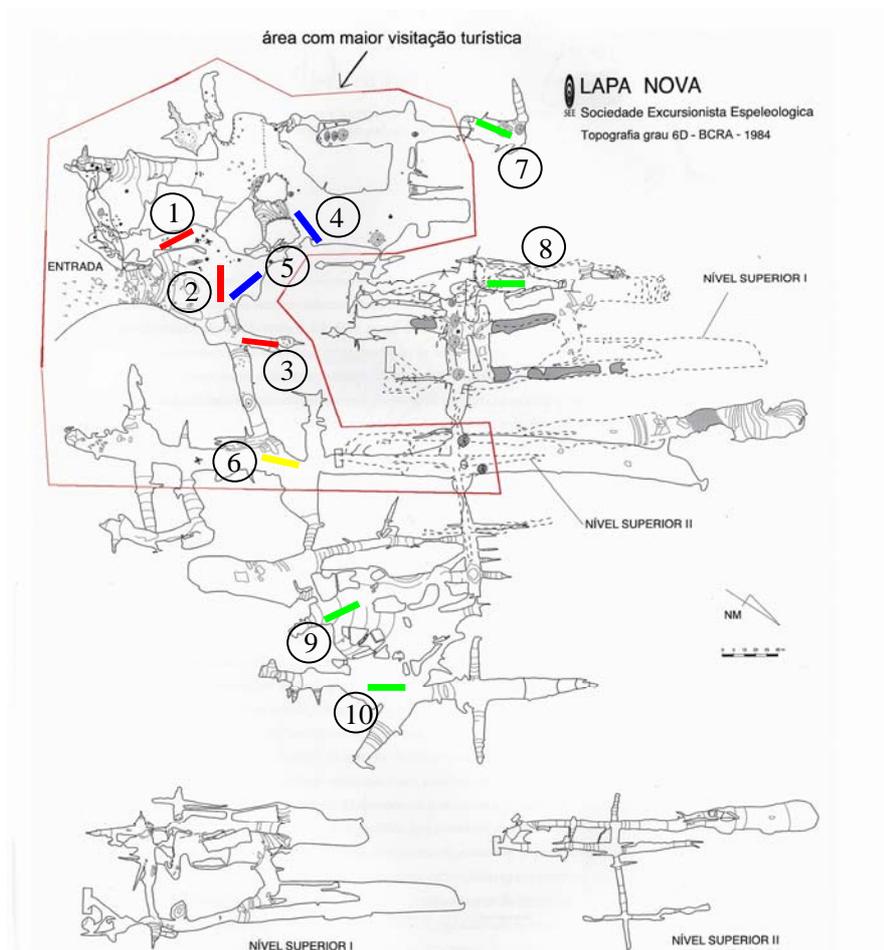


Figura 1 Mapa de Lapa Nova detalhando os dez retângulos de amostragem. Em vermelho (retângulos de 1 a 3) encontram-se os retângulos da área de visitação intensa; em azul (4 e 5) os retângulos de áreas periféricas à visitação; em amarelo (6) o retângulo de áreas com intensidade de visitação moderada e em verde (7 a 10) os retângulos inseridos em áreas não visitadas

Fonte: Adaptado de Auler *et al.* (2001)

A coleta em cada retângulo foi detalhada, observando-se cada micro-habitat existente. Especial atenção foi despendida a pequenas fissuras e espaços presentes entre fragmentos de rochas ou espeleotemas. Durante a coleta, foram capturados testemunhos de cada espécie (no máximo três exemplares), sendo

que os demais indivíduos foram somente contabilizados. Essa método foi aplicado no intuito de se minimizar os impactos sofridos pela comunidade de invertebrados. Tais retângulos foram demarcados com cordões, mantidos na caverna durante todo o período do estudo. Como a intenção foi avaliar o efeito da visitação sobre as comunidades (em especial do pisoteamento), os guias foram instruídos a permitir a passagem dos turistas pelo interior dos retângulos.

A primeira medida tomada foi verificar a porcentagem de espécies encontradas em todos os retângulos, comparada à fauna coletada no inventário geral da cavidade. Isso permitiu a obtenção de uma estimativa da representatividade desses retângulos para a fauna de invertebrados de Lapa Nova.

Foram feitas análises de riqueza e abundância de invertebrados existentes em todos os retângulos. Comparações destes parâmetros obtidos nos dois períodos de coleta (anterior e no último dia da Festa em Louvor a Nossa Senhora da Lapa) foram realizadas através do teste *t* de “Student”.

O número médio de espécies ganhas ou perdidas após o evento do turismo foi avaliado para todos os retângulos. A diferença de riqueza apresentada pelos retângulos foi representada por um gráfico de colunas, sendo que as médias e o gráfico foram elaborados através do programa *Statistica*. Posteriormente, foi utilizada a análise de SIMPER para avaliar quais espécies foram responsáveis pelas maiores diferenças apresentadas entre grupos de retângulos distintos.

A similaridade de fauna dos retângulos de alta visitação e sem visitação, foi comparada entre os dois períodos, utilizando o modelo de escalonamento multidimensional não métrico (*Non-metric Multidimensional Scaling – n-MDS*). Tal análise exploratória transforma as distâncias entre pares de objetos encaixando-os em conjuntos bidimensionais de acordo com a distância euclidiana (ou baseada em valores de similaridade). O n-MDS foi construído

com base na composição quantitativa da fauna de invertebrados utilizando o índice de Jaccard. Foi avaliada a existência de diferenças significativas entre os grupos do n-MDS através da análise de ANOSIM. Por fim, foi utilizada a análise de SIMPER para avaliar quais espécies foram responsáveis por tais diferenças. Todas as análises acima foram realizadas através do programa *Past*.

O inventário geral da cavidade também foi utilizado para verificar o nível de ameaça das aranhas do gênero *Loxosceles* para os visitantes. Para tanto, foi elaborado um mapa com a abundância e distribuição desses organismos ao longo de toda cavidade. De posse desse mapa foi possível detalhar as áreas de maior risco potencial de acidentes com visitantes ao longo da caverna.

Baseando-se ainda no inventário geral da cavidade, foi elaborado um mapa com a distribuição de organismos troglomórficos. Este mapa forneceu diretrizes para a determinação de zonas de maior concentração de organismos troglomórficos. Alguns destes locais foram considerados preferenciais à interdição para o uso turístico.

O plano de manejo foi elaborado a partir dos mapas de distribuição de fauna (dando especial atenção à distribuição de aranhas *Loxosceles* e organismos troglomórficos), considerando também as alterações observadas na distribuição destas populações decorrentes da visitação intensa.

RESULTADOS

Caracterização dos recursos orgânicos presentes na cavidade

Os recursos orgânicos vegetais concentram-se nas duas regiões de entrada além de uma região onde há uma clarabóia. Nestes locais os restos vegetais são transportados do ambiente externo pelo vento e encurradas em períodos de chuva. Além disso, observam-se alguns restos de troncos espalhados ao longo da cavidade, onde sempre havia pequenos invertebrados associados.

Além destes, um dos mais importantes recursos existentes em cavernas, principalmente em áreas secas, são os depósitos de guano, encontrados em diversos pontos ao longo de toda a Lapa Nova (Figura 2).

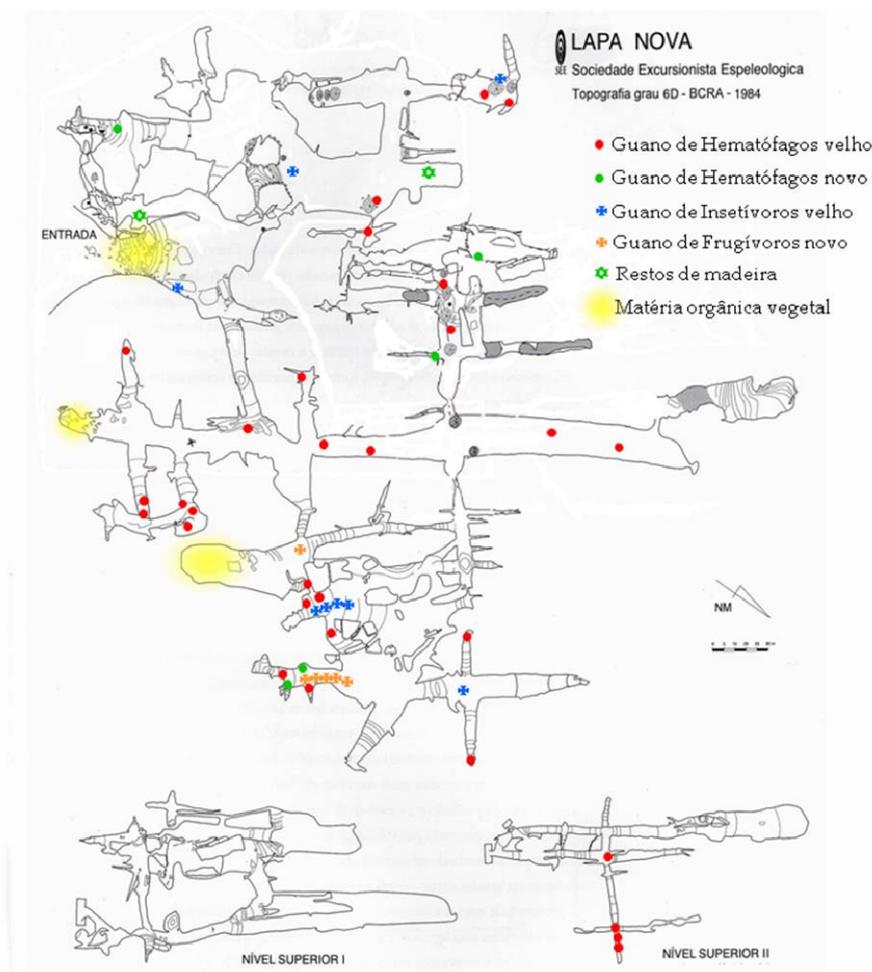


Figura 2 Mapa de Lapa Nova com a caracterização de seus prováveis recursos alimentares.

Fonte: Adaptado de Auler *et al.* (2001)

Embora existam vários depósitos de guano na caverna, um grande depósito situado em uma região mais seca da cavidade merece destaque. Trata-

se de um depósito ainda ativo (que continua recebendo fezes) predominantemente produzido por morcegos frugívoros, mas também por insetívoros. Além deste grande depósito, foram observadas também algumas manchas de guano de morcegos hematófagos na mesma região. No restante da caverna, entretanto, os recursos são mais escassos e, em muitos casos, bastante antigos, o que os torna menos atrativos para a fauna.

Caracterização das alterações presentes na cavidade

O uso histórico da cavidade conta com a instalação de infra-estruturas tais como escadarias, guarda-corpos e fitas zebradas que delimitam a área de caminamento (Figura 3A). Entretanto, estas instalações são precárias e indevidamente fixadas, como no caso das fitas zebradas que se prendem a postes de madeira instáveis ou até mesmo espeleotemas. Além disso, esse tipo de marcação é visualmente impactante e ineficiente, uma vez que permite o acesso de visitantes a áreas com sedimentos e espeleotemas que podem ser danificados.

A 128ª versão da Festa em Louvor a Nossa Senhora da Lapa, que ocorre anualmente, contou com um total de 4.244 visitantes. Destes, 3.292 (77%) visitaram somente o salão principal da caverna. Dentre as alterações em virtude do uso antrópico da cavidade, foi observada uma grande compactação do solo na rota dos turistas decorrente do pisoteio intensivo. Alguns visitantes sobem em espeleotemas, ação indevida que prejudica a gênese dessas formações, podendo ainda causar danos na sua estrutura (Figura C). Outros recolhem pequenas pérolas, acreditando que possuem poderes curativos. Além disso, existem vários focos de pichações e lixo deixado pelos turistas durante as visitas (Figura 3B,D).



Figura 3 (A) Instalação de escadarias e guarda-corpo; (B) Lixo recolhido do salão de entrada da cavidade; (C) Grupo de turistas subindo em espelotemas; (C) Pichações na rocha da cavidade

Fonte: Adaptado de Carste Consultores Associados (2009)

Dos impactos mais diretos sofridos pela fauna, foi relatado, durante a Festa da Lapa, que um dos turistas matou propositalmente uma aranha do gênero *Lasiadora*. Existe ainda uma interferência direta negativa dos órgãos públicos em Lapa Nova, houve o relato de que a prefeitura, no intuito de controlar a população de *Aedes aegypti*, pulverizou veneno nos pequenos lagos e represas de travertino existentes no interior da caverna. Essa ação certamente impactou de forma severa as comunidades aquáticas que poderiam existir na caverna.

Alterações observadas nas comunidade de invertebrados nos retângulos

Os dez retângulos amostrados para a verificação das alterações decorrentes do turismo apresentaram um total de 72 espécies. Este número correspondeu aos 44,7% das 161 espécies encontradas ao longo de toda a

cavidade. Considerando-se que o somatório da área dos retângulos correspondeu a 1,44% da área da caverna, percebe-se que a amostragem nos retângulos foi bastante significativa.

A figura 3 representa o número médio de espécies adquiridas ou perdidas após o evento do turismo avaliado para todos os retângulos. Retângulos situados em locais de alta visitação sofreram, em média, uma maior perda de espécies (os retângulos 1, 2 e 3 perderam 10, 6 e 3 espécies respectivamente), enquanto os retângulos situados em locais periféricos à área de visitação foram os que apresentaram um maior ganho de espécies (retângulos 4 e 5 ganharam 4 e 2 espécies respectivamente). Por outro lado, os retângulos situados em locais onde a visitação é proibida foram os que permaneceram mais estáveis, tendo apenas um pequeno ganho de espécies.

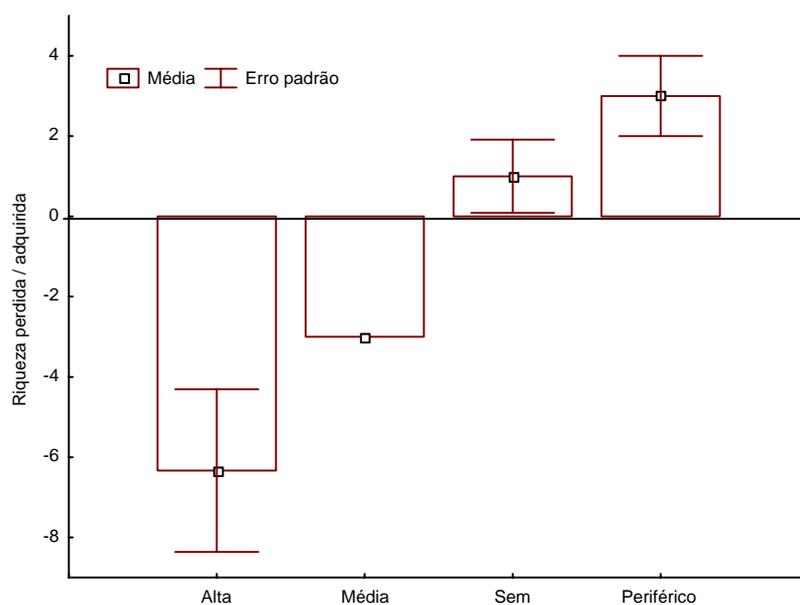


Figura 3 Número médio de espécies “adquiridas” ou “perdidas” após o evento do turismo, avaliado para todos os retângulos – Lapa Nova – 2009.

Fonte: Pellegrini (2011)

De acordo com a análise de SIMPER, no último dia da romaria, muitas das espécies que apresentaram um grande declínio em sua abundância nos retângulos de alta visitação, aumentaram a abundância nos retângulos periféricos à visitação. Foram elas: Hebridae sp1 (Hemiptera); Collembola sp1; Cholevidae sp1 (Coleoptera); Staphylinidae sp4 (Coleoptera); Chernetidae sp1 (Pseudoscorpiones); Rhagidiidae (Trombidiformes) e Tineidae sp2 (Lepidoptera). Ressalta-se ainda que as duas primeiras espécies listadas, juntas, representam 34% das dissimilaridades apresentadas entre os dois grupos de retângulos. Foi possível verificar ainda que algumas das espécies que desapareceram nos retângulos de alta visitação, surgiram nos retângulos periféricos. As espécies que apresentaram esse comportamento foram: Theridiidae sp10, Carabidae sp1, Cicadellidae sp 1 e Laelapidae (APÊNDICE 1).

Os sete retângulos amostrados para a verificação das alterações decorrentes da visitação intensa (três retângulos) e de locais sem visitação (quatro retângulos) apresentaram um total de 59 espécies. A análise de n-MDS (utilizando-se o índice de Jaccard – stress correspondente a 0,2), evidenciou a ocorrência de uma maior diferença entre os retângulos de alta visitação antes e no último dia da romaria. Os retângulos situados em locais de baixa visitação, não apresentaram uma diferença tão evidente (Figura 4).

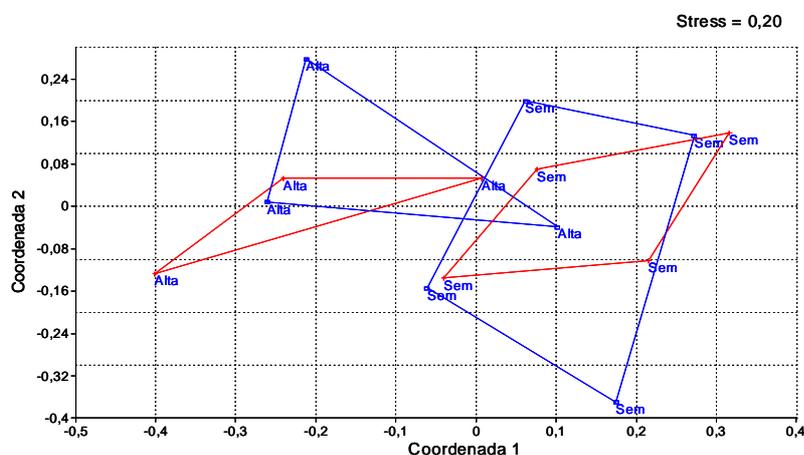


Figura 4 Escalonamento multidimensional (n-MDS) de retângulos de baixa e alta visitação, antes (azul) e no último dia (vermelho) da romaria. Similaridade quantitativa de Jaccard – Lapa Nova – 2009.

Fonte: Pellegrini (2011)

As diferenças entre os grupos analisados pelo índice de Jaccard foram quase significativas (ANOSIM $p=0,051$). Tendo em vista o número reduzido de amostras, pode-se considerar que o efeito de variação nas comunidades em função da intensa visitação é considerável. As dissimilaridades apresentadas entre os retângulos foram atribuídas à localização de cada retângulo (áreas de alta visitação ou sem visitação).

De acordo com a análise de SIMPER, as espécies que mais contribuíram para as dissimilaridades apresentadas antes e durante a romaria nos retângulos de alta visitação foram: *Hebridae* sp1 (Heteroptera), responsável por aproximadamente 16,4% de tais diferenças; seguida por *Psyllipsocus* sp3 e *Collembola* sp1, com aproximadamente de 6,9% cada uma; *Loxosceles variegata* (Araneae) com 6,6% e *Endecous* sp (Ensifera) com 6,3% (Tabela 1). Estas espécies responderam, conjuntamente, por mais de 50% das diferenças de similaridade apresentadas entre os retângulos amostrados. Além disso, todas as

espécies listadas anteriormente apresentaram um decréscimo em sua abundância no período durante a romaria.

Tabela 1 Análise de SIMPER. Espécies que mais contribuíram para as dissimilaridades apresentadas pelos retângulos de alta visitação amostrados antes e durante a romaria – Lapa Nova – 2009.

TAXA	Contribution	Cumulative %	ALTA	
			Antes	Durante
Hebridae sp1	16,43	21,06	23,7	18,7
<i>Psyllipsocus</i> sp3	6,928	29,94	9,33	6,33
Collembola sp1	6,882	38,76	13,7	5,33
<i>Loxosceles variegata</i>	6,604	47,23	4	2,33
<i>Endecous</i> sp	6,327	55,34	4	0,333
Formicidae sp4	4,33	60,89	10,3	0,667
Cydnidae sp3	2,698	64,35	2,33	3
Cholevidae sp	2,569	67,64	2,33	0,667
Staphylinidae sp4	2,468	70,8	3,67	3
Chernetidae sp1	2,237	73,67	1,67	0,333
Carabidae sp1	2,225	76,52	1,67	0
<i>Trichorhina</i> sp	2,21	79,36	1,33	1
<i>Acherontides</i> sp	1,967	81,88	2	0
<i>Ctenus</i> sp	1,57	83,89	1	0
Theridiidae sp10	1,57	85,9	1	0
Rhagidiidae	1,244	87,5	1,67	1
Tineidae sp2	1,095	88,9	0,667	0,333

Fonte: Pellegrini (2011)

Por outro lado, a análise de SIMPER realizada entre os retângulos sem visitação, antes e durante a romaria, mostrou que as espécies responsáveis pelas dissimilaridades entre esses retângulos foram: Cholevidae (Coleoptera) responsável por 11,8%; *Loxosceles variegata* (Araneae) com 10,9%; *Endecous* sp (Ensífera) com 10% e Collembola sp1 com 8,8% (Tabela 2). Estas espécies responderam, conjuntamente, por mais de 50% das diferenças de similaridade apresentadas entre os retângulos amostrados. Não foi possível observar um padrão de aumento ou decréscimo de abundância das espécies listadas acima.

Tabela 2 Análise de SIMPER. Espécies que mais contribuíram para as dissimilaridades apresentadas pelos retângulos sem visitação amostrados antes e durante a romaria – Lapa Nova – 2009.

TAXA	Contribution	Cumulative %	SEM	
			Antes	Durante
Cholevidae sp	11,85	15,22	20,3	7,5
<i>Loxosceles variegata</i>	10,97	29,31	12	24,3
<i>Endecous</i> sp	10,05	42,21	21,8	25,3
Collembola sp1	8,885	53,62	34,3	3,25
Staphylinidae sp4	5,66	60,89	7,5	6,25
Diptera sp1	3,691	65,63	1	8,75
<i>Psyllipsocus</i> sp3	3,518	70,15	2	3,75
Blattodea sp	3,031	74,04	7,5	5,75
Drosophilidae sp	2,682	77,49	4	0
<i>Lutzomyia</i> sp	2,627	80,86	4	0
Theridiidae sp10	2,351	83,88	1,75	3
<i>Ctenus</i> sp	2,224	86,73	6,25	3,5

Fonte: Pellegrini (2011)

Distribuição de *Loxosceles variegata*

Observando-se o mapa de distribuição de aranhas do gênero *Loxosceles*, percebe-se claramente que estes organismos não estão distribuídos uniformemente pela cavidade (Figura 5). Existem grandes áreas com baixa densidade de organismos, enquanto outras são intensamente povoadas. A região da caverna que merece destaque consiste no salão (e condutos adjacentes) próximo ao grande depósito de guano misto de morcegos já mencionado anteriormente. Esta área deve ser obviamente evitada por turistas (como será discutido à frente), dados os riscos que esta espécie pode oferecer aos visitantes.

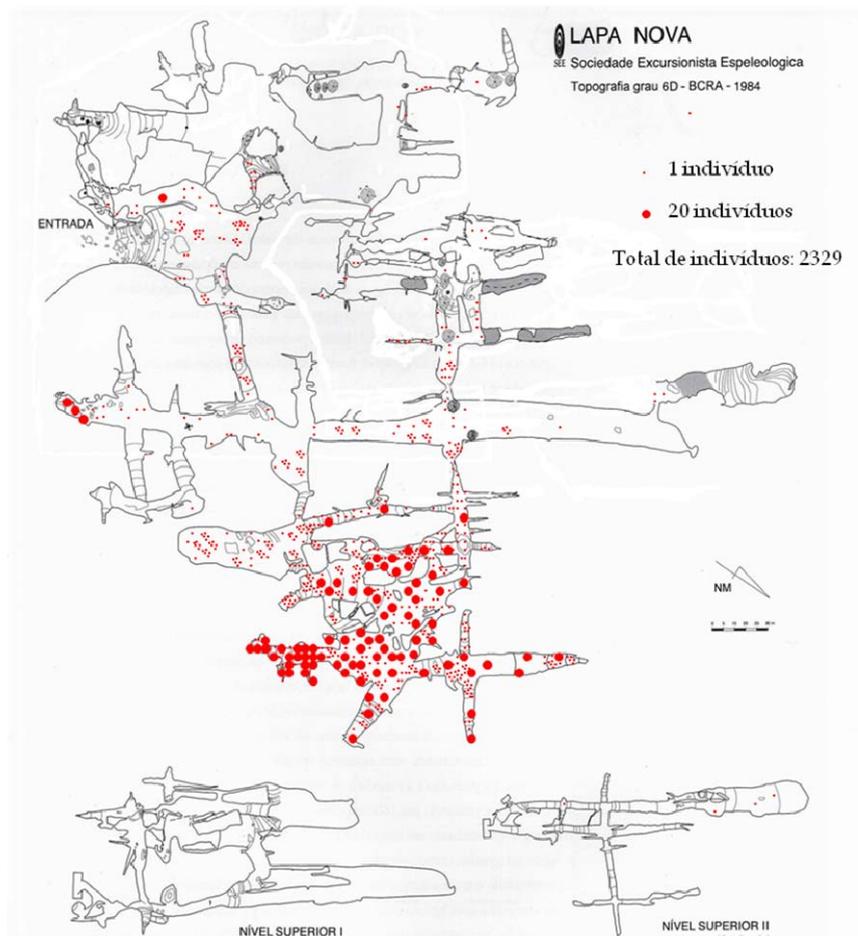


Figura 5 Distribuição de *Loxosceles variegata* em Lapa Nova
 Fonte: Adaptado de Auler *et al.* (2001).

Ocorrência de organismos troglomórficos

Outro aspecto importante a ser avaliado para a elaboração do plano de manejo é a ocorrência e distribuição de organismos troglóbios. Foram encontrados seis táxons de organismos troglomórficos: *Arrhopalites* sp. (Collembola: Arrhopalitidae), *Acherontides* sp. (Collembola: Hypogastruridae), *Eukoenia* sp. (Eukoeniidae), uma Oonopidae (Araneae), um Chthoniidae

(Pseudoscorpiones) e um Styloniscidae (Isopoda) (Figura 6A-D). Todos estes organismos apresentaram características troglomórficas, como alongamento de apêndices, redução na pigmentação e anoftalmia (embora estas duas últimas condições sejam comuns a alguns grupos endogeomórficos).

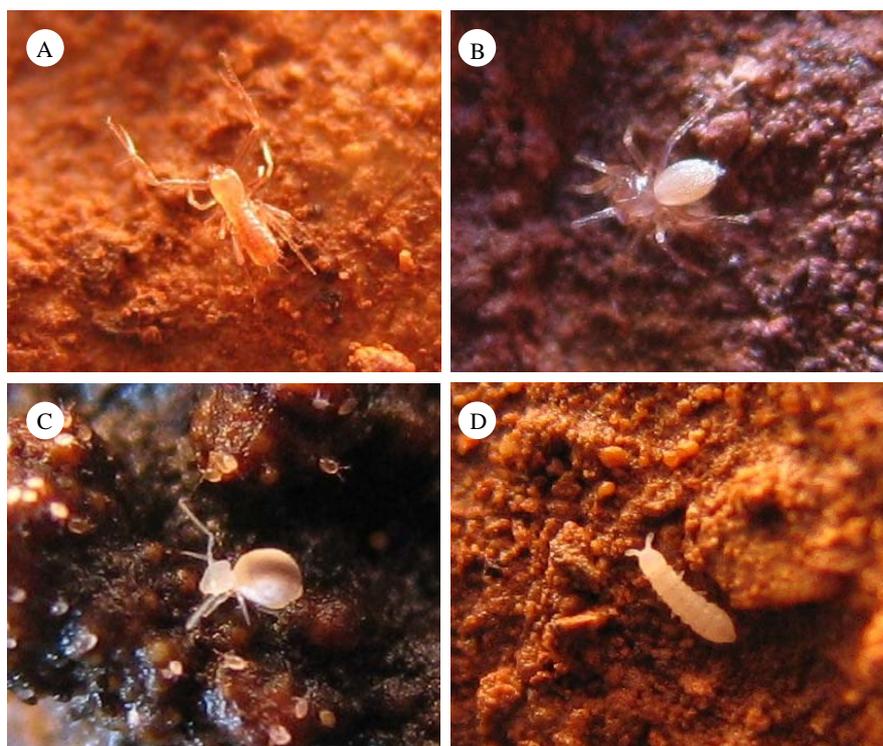


Figura 6 Prováveis espécies troglóbias encontradas em Lapa Nova. (A) Chthoniidae sp. (B) Oonopidae sp. (C) *Arrhopalites* sp. (D) *Acherontides* sp.
Fonte: Ferreira (2009)

Não houve uma área de distribuição preferencial das espécies troglomórficas na cavidade. A maioria das espécies (excetuando-se o Styloniscidae e a *Eukoenia* sp.) mostrou-se bem distribuída pela caverna, ocorrendo tanto em áreas visitadas quanto em áreas não freqüentadas por turistas (Figura 7). Entretanto, salvo raras exceções, tais organismos, quando em áreas

de visitação, preferencialmente se localizavam em áreas periféricas aos locais de trânsito intenso de turistas (as vias principais de caminhamento).

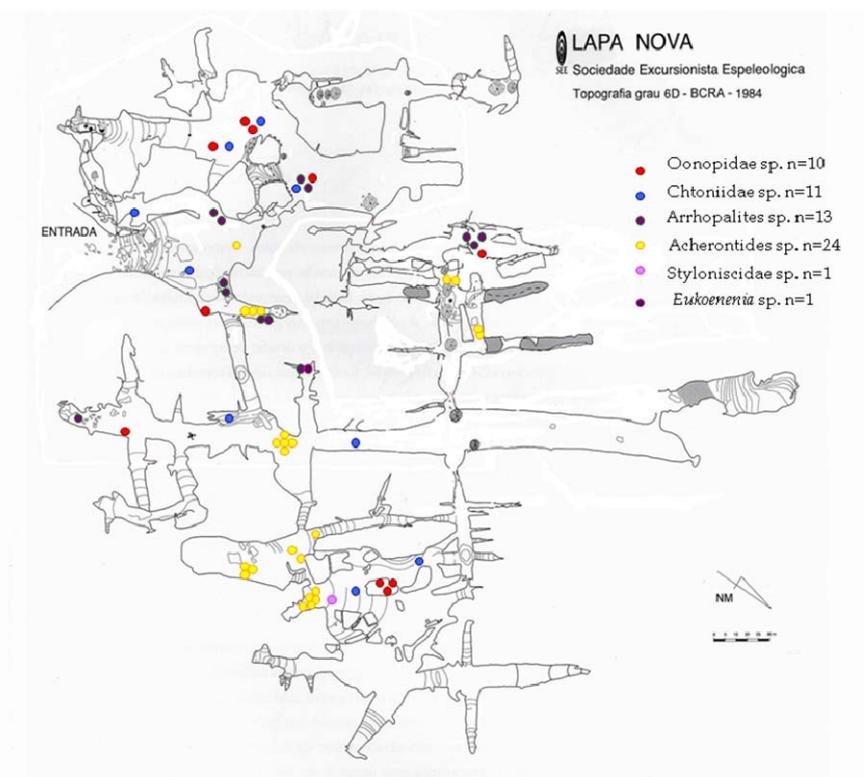


Figura 7 Mapa da Lapa Nova detalhando a distribui o e ocorrência dos organismos provavelmente troglóbios encontrados na cavidade
Fonte: Adaptado de Auler et al. (2001)

Outra espécie evidenciada, pertencente à ordem Hirudinea (Sanguessuga), possui o tegumento de colora o bastante clara e   anoftálmica, mas apenas um espécime foi encontrado. Tendo em vista a difícil diagnose com rela o ao “status” deste organismo, o mesmo não foi considerado aqui como troglóbio (embora a anoftalmia não seja muito comum em Hirud neos). Desta forma, mais estudos acerca dessa espécie são necessários para se ter um diagnóstico confiável.

Recomendações para o manejo da cavidade

Em Lapa Nova houve um turismo bem consolidado há décadas, contrariando a recomendação de estudos faunísticos prévios ao estabelecimento do turismo. Provavelmente, as comunidades presentes na atualidade já se “adequaram” à nova condição vigente, isto é, à visitação esporádica ao longo do ano e intensa nos dias da Festa em Louvor à Nossa Senhora da Lapa. Desta forma, não há por que tentar manejar a fauna visando retorná-la a uma suposta condição “prístina”, visto que se desconhece qual foi esta condição.

Sendo assim, em termos biológicos, o manejo recomendado para Lapa Nova consiste basicamente em vetar o turismo em certas áreas da caverna. Estas áreas foram definidas de acordo com os locais onde os visitantes podem oferecer riscos à integridade biológica atual da cavidade ou podem estar expostos a riscos biológicos. Outra medida fundamental, que visa primariamente a redução do impacto da visitação sobre as comunidades biológicas é a definição de um espaço de caminamento bem delimitado.

As áreas que devem ser vetadas à visitação são mostradas na Figura 9. Tais áreas compreendem um pequeno salão presente na porção oeste da caverna (marcado em laranja no mapa) a rede de condutos localizada na porção “central” da cavidade (marcada em verde no mapa) e finalmente os condutos e o grande salão localizado na porção nordeste da caverna (marcada em vermelho no mapa). As duas primeiras áreas devem ser fechadas à visitação tendo em vista a presença de espécies troglomórficas, a presença de depósitos de guano (substrato potencial ao estabelecimento de fungos patogênicos como *Histoplasma capsulatum*) e a dificuldade de acesso dos visitantes a estas áreas. Sendo assim, considera-se que estas áreas, além de oferecerem certo risco aos visitantes, são sensíveis às alterações decorrentes da visitação.

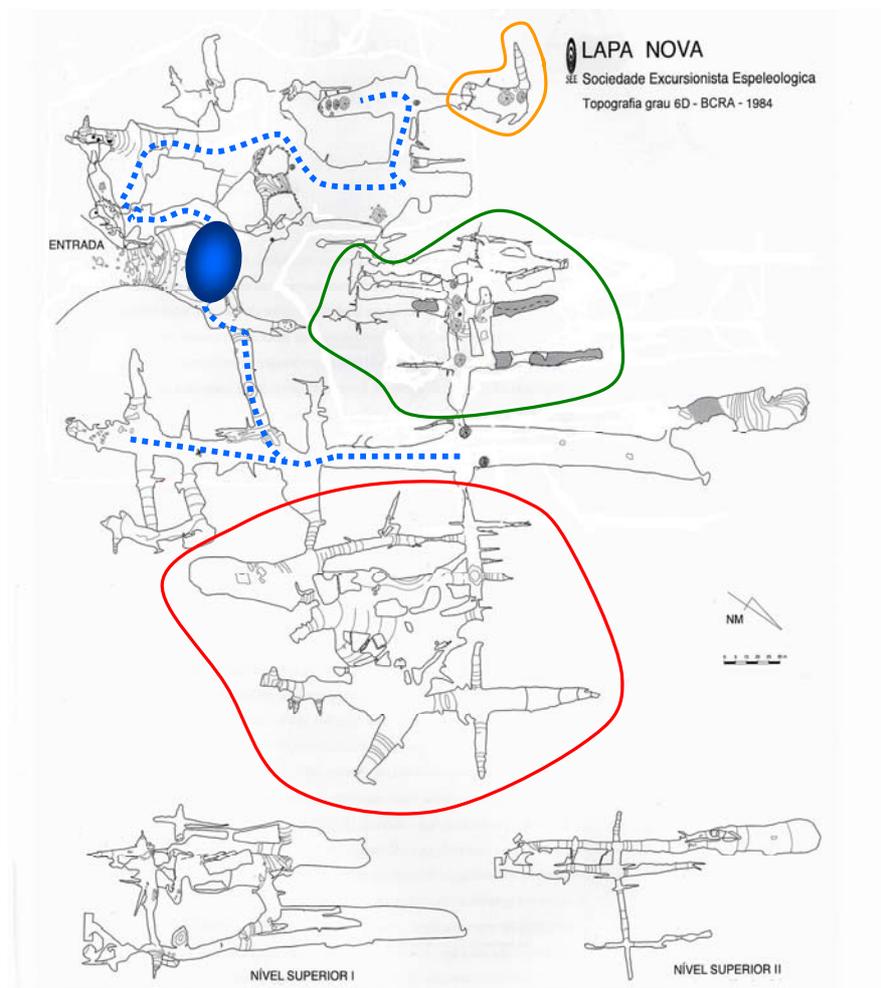


Figura 9 As áreas em azul corresponderão aos locais de caminhamento dos turistas. As áreas marcadas em vermelho, verde e laranja serão vetadas à visitação na Lapa Nova (os níveis superiores, embora não marcados, também deverão ser vetados à visitação)

Fonte: Adaptado de Auler *et al.* (2001)

A última área (marcada em vermelho no mapa) deve ser vetada tendo em vista, principalmente, o elevado risco que oferece aos visitantes. Esta área compreende a maior densidade da aranha *Loxosceles variegata* observada na

caverna, que se concentram na área certamente devido à grande quantidade de presas presentes (como grilos e baratas) como evidenciado pela figura 5. Estes últimos, por sua vez, alimentam-se do guano, que ocorre em profusão. Além dessas áreas, os níveis superiores também devem estar vetados à visitação pela simples dificuldade de acesso e risco de acidentes.

Com relação ao caminhamento, é importante a instalação de pequenas passarelas em áreas onde o piso é muito uniforme (como áreas de caminhamento sobre espeleotemas). Tal fato se justifica pelo experimento realizado no retângulo 6 (local de visitação moderada). Nesta área, as pequenas alterações sofridas pela comunidade de invertebrados provavelmente decorreu, pelo menos em parte, da condição de seu substrato (piso extremamente irregular), que apresentava abrigos para os organismos. As pequenas passarelas, neste caso, irão evitar o contato direto do visitante com o piso da cavidade, de forma que as comunidades de invertebrados terão onde se abrigar, não sendo diretamente afetadas, como ocorre todos os anos durante a Festa da Lapa.

A figura 10 representa o caminhamento final proposto no Plano de Manejo recomendado para a Lapa Nova (Carste Consultores Associados 2009). Pode-se observar que o caminhamento final difere um pouco daquele proposto considerando-se somente os aspectos biológicos. Tal alteração decorre do fato de terem sido considerados, para a proposta final, a sobreposição dos aspectos biológicos com os físicos, geológicos e paleontológicos. O resultado da proposta inclui a modificação do caminhamento atual, sendo, o mesmo, transferido para locais onde não existem áreas frágeis como escorrimentos e represas de travertinos ativas. Quando necessária a passagem por estes locais, deverão ser instaladas estruturas de proteção à caverna como escadas e passarelas. Devem ser retiradas todas as fitas de marcação (fitas zebreadas), bem como os suportes para estas fitas (bases de concreto e madeira) (Figura 11). A delimitação do caminhamento deve ser feita no nível do piso, mantendo a beleza cênica do local.

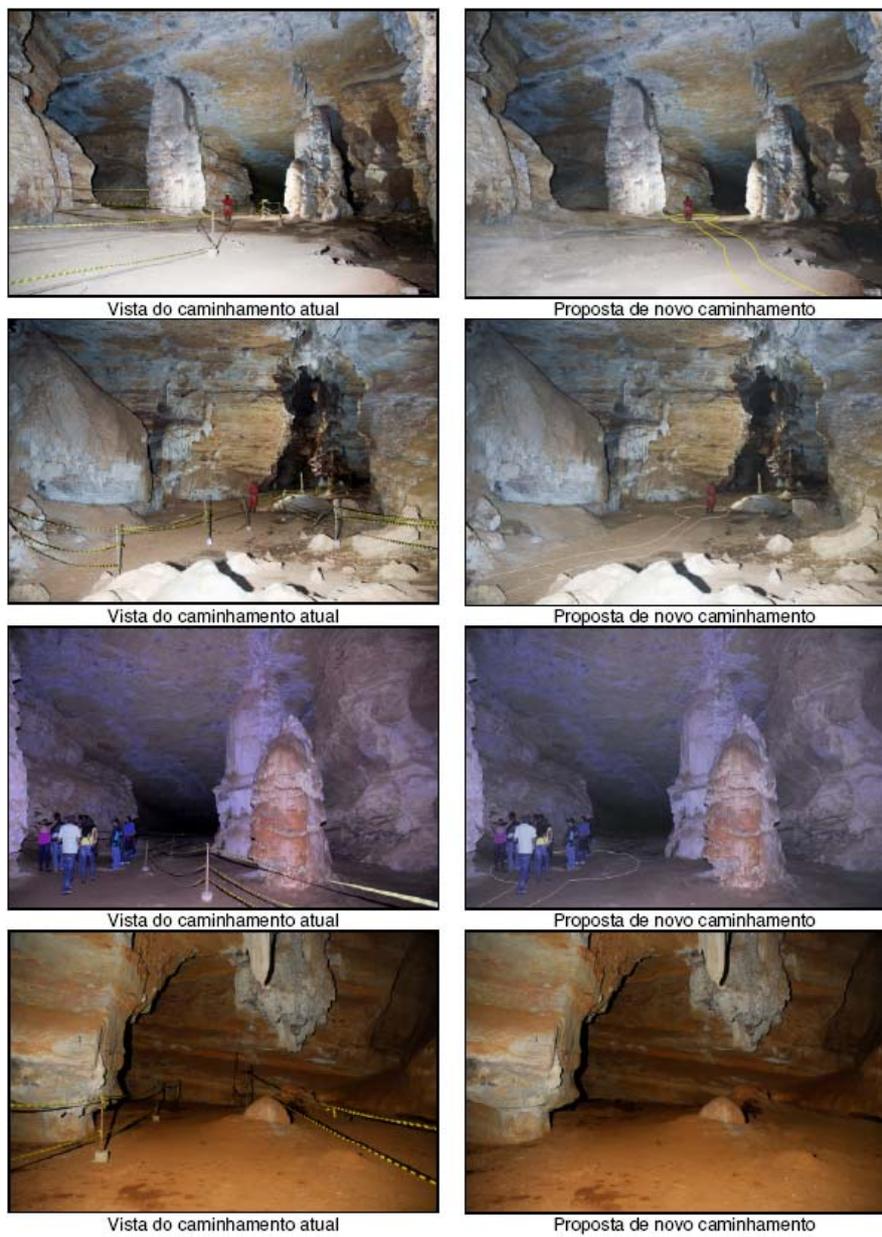


Figura 11 Simulações visuais da proposta de caminhamento
Fonte: Carste Consultores Associados (2009)

DISCUSSÃO

Muitas medidas que devem ser tomadas para a execução de um bom plano de manejo começam com o planejamento e estruturação da caverna para o recebimento dos turistas (Hamilton-Smith 2004). Entretanto, o plano de manejo elaborado para a Lapa Nova não pôde seguir esse procedimento, uma vez que o turismo da cavidade é exercido há mais de um século sem um estudo prévio.

Uma peculiaridade da Lapa Nova é a existência de um turismo religioso concentrado em apenas três dias do ano, quando ocorre a Festa em Louvor à Virgem da Lapa. Na grande maioria das cavernas turísticas do mundo, a visitação é conduzida com um número restrito de visitantes diariamente. Alguns autores apontam que esta prática é essencial para se evitar que parâmetros ambientais do meio cavernícola sejam permanentemente afetados (Romero 2009; Cigna 2005). No entanto, a concentração de visitantes durante a festa da Virgem da Lapa impossibilita esta prática, o que torna o manejo da Lapa Nova, especialmente complicado.

A “capacidade de carga” já foi definida para algumas cavidades brasileiras, como para as grutas do Lago Azul e Nossa Sra. Aparecida, ambas em Bonito, Mato Grosso do Sul, e também para a caverna Santana, localizada em Iporanga, São Paulo (Boggiani *et al.* 2007; Lobo 2008). Entretanto, ambos os estudos consideram apenas parâmetros físicos da cavidade (e.g. taxa de CO, taxa de CO₂, radônio, concentração de cálcio nas águas, temperatura e umidade relativa do ar) para a elaboração da capacidade de carga, desconsiderando fatores biológicos, que são essenciais para a manutenção da dinâmica ambiental do local visitado. Além disso, em Lapa Nova determinação de uma visitação conduzida somente por pequenos grupos de turistas certamente impediria o acesso à caverna para inúmeros visitantes. Tal fato, por sua vez, viria de encontro à fé e tradição de milhares de romeiros. Portanto, pelas proporções alcançadas no evento, a fé e religiosidade devem ser consideradas como

componentes culturais do patrimônio espeleológico (Lobo, 2006). Dessa forma, concomitantemente à preservação ambiental, é necessário conciliar o uso turístico da cavidade nas proporções que ele ocorre atualmente, como foi proposto por este estudo.

Muitos dos estudos disponíveis na literatura avaliam as alterações de parâmetros ambientais, como temperatura, umidade e CO₂, em função do turismo (Pulido-Bosch *et al.* 1997; Song *et al.* 2000; Calaforra *et al.* 2003; Russel & MacLean 2007). Poucos utilizam parâmetros biológicos, tais como riqueza, abundância e presença de espécies raras para a delimitação de uso turístico de cavidades naturais (Ferreira *et al.* 2009). A escassez de estudos considerando critérios biológicos provavelmente decorre da dificuldade experimental de se avaliar os impactos sofridos pela fauna cavernícola, bem como das baixas densidades apresentadas por muitas destas populações (Eberhard 2001).

Dentre os poucos estudos visando à proposição de manejos biológicos em cavernas no Brasil pode-se citar os realizados na Caverna do Maroaga (Presidente Figueiredo - AM), Grutas Botuverá I e II (Vale do Itajaí, SC), Gruta da Lapinha (Lagoa Santa - MG), Gruta de Maquiné (Cordisburgo - MG), Gruta Santo Antônio (Itumirim - MG), além das grutas Aroê Jarí, Kiogo Brado e Lago Azul, (as três últimas localizadas na Chapada dos Guimarães - MT) (Sessegolo *et al.* 2004a; Sessegolo *et al.* 2004b; Ferreira 2004; Ferreira *et al.* 2009).

Na Caverna do Maroaga, foi proposto um zoneamento interno, considerando-se os locais de ocorrência de espécies endêmicas, incluído na zona de maior restrição de uso (Sessegolo *et al.* 2004a). Um plano de manejo semelhante foi proposto para as Grutas Botuverá I e II, com o zoneamento das cavidades, levando-se em consideração, em grande parte, a ocorrência de espécies troglóbias (Sessegolo *et al.* 2004b). Outra medida proposta para as Grutas Botuverá I e II, foi a limitação do número de visitantes (capacidade de

carga) e do horário de visitação, no intuito de minimizar os impactos sobre a fauna de invertebrados, com destaque às espécies endêmicas e troglóbias. Entretanto, a referida autora não deixa claro quais seriam os impactos gerados pela visitação e como a limitação do número de visitantes e do horário de visitação poderia minimizar os danos à fauna cavernícola. Além disso, em momento algum é mencionado como a capacidade de carga foi definida.

Diferentemente dos trabalhos de Sessegolo, alguns trabalhos propõem a definição de rotas bem definidas de caminhamento no intuito de se diminuir a área afetada pelo pisoteamento excessivo dos visitantes. O caminhamento dos turistas gera a compactação do solo e de bancos de sedimentos (Trajano 2000), importantes substratos da para a fauna cavernícola. Existe ainda o dano mais direto aos invertebrados, já que muitas vezes eles próprios são pisoteados.

Existem duas diferentes proposições de manejo para a Gruta do Maquiné. A primeira delas consistia basicamente da translocação da fauna de invertebrados por meio de atrativos orgânicos para regiões não visitadas da caverna, concomitantemente à elaboração de rotas de caminhamento para os turistas (Ferreira 2004). Entretanto, essa proposta não chegou a ser colocada em prática na cavidade. Mais recentemente, foi elaborada uma segunda proposta para a cavidade por Ferreira e colaboradores (2009). A instalação de fios para a uma nova iluminação de Maquiné, culminou no crescimento de fungos (fonte de recursos alimentares para os invertebrados) que funcionam como “corredores” pelos quais os invertebrados podem migrar ativamente até as áreas sem visitação. Adicionalmente, seriam colocados outros atrativos orgânicos próximos aos fios, a fim de se garantir a migração de ao menos um aparte considerável das populações para áreas interdidas da cavidade, ampliando sua área de distribuição.

A avaliação bioespeleológica realizada por Ferreira e colaboradores (2009) nas cavernas areníticas Aroê Jarí, Kiogo Brado e Lago Azul, incluiu o

levantamento da fauna de invertebrados, presente nas cavernas, com a definição de uma rota de caminhamento. As rotas propostas em cada um dos sistemas consideraram as distribuições espaciais das populações, locais de adensamentos de matéria orgânica, respeitando-se ainda as particularidades de cada cavidade. Entretanto, esse trabalho contou com somente uma coleta de campo, inviabilizando qualquer inferência sobre as alterações sofridas pela comunidade, como foi realizado em Lapa Nova.

Uma estratégia utilizada por Eberhard (2001) em um monitoramento realizado em Ida Bay Karst, no sul da Tasmânia, foi utilizar aranhas e grilos como indicadores dos distúrbios sofridos em função do turismo, isso por apresentarem uma distribuição mais ampla e maior abundância em relação aos demais organismos. No caso de Lapa Nova, as respostas apresentadas pela *Loxosceles variegata* e *Endecous* sp. podem representar um bom padrão dos distúrbios sofridos pela comunidade. Ambos estão entre as espécies que mais influenciaram nas dissimilaridades apresentada nos retângulos antes e durante a visitação. Monitorar suas populações poderia ser interessante para se estabelecer padrões de mudanças em distribuições espaciais na cavidade.

Vale ressaltar que as espécies de *Loxosceles*, também conhecidas como aranhas marrons, possuem importância médica e oferecem riscos aos turistas. O veneno dessas aranhas é proteolítico causando lesão demonecrótica, induzindo hemólise intravascular dependente de complemento, configurando um quadro clínico de intensa gravidade (Tambourgi *et al.* 2000). A grande densidade populacional de *L. variegata* em uma região onde o turismo não é permitido favorece os visitantes, uma vez que diminui a probabilidade de ocorrerem acidentes.

No estudo conduzido por Ferreira (2004) na gruta turística Lapa Nova de Maquiné, foi realizada análises para se avaliar mais amplamente a resposta de toda a fauna cavernícola ao turismo. Os resultados obtidos indicaram que restos

de alimentos deixados por turistas após a visitação, geram desequilíbrios no ecossistema cavernícola, tanto no que diz respeito à oferta alimentar e descontrolo populacional da biota, quanto na distribuição da fauna dentro da cavidade. De acordo com este autor, observou-se na caverna uma maior concentração da fauna na região do circuito turístico. Aparentemente, as populações migraram para as regiões onde existe uma maior disponibilidade de recursos alimentares (no caso, os restos deixados pelos turistas ou ainda aqueles provenientes da instalação da infraestrutura turística na cavidade). A maior concentração de populações nas áreas de rotas dos turistas, no entanto, as torna mais susceptíveis a pisoteamentos.

Entretanto, diferentes padrões de migração dos invertebrados foram observados em Lapa Nova de Vazante. Os dados obtidos antes e no último dia da festa mostram que a comunidade estabelecida em regiões de alta visitação é mais afetada, refletindo o impacto sofrido pela comunidade durante o evento devem ser instaladas estruturas de proteção   caverna como escadas e passarelas. Ainda que muitas das espécies que mais contribuíram para as dissimilaridades apresentadas pelos retângulos de alta visitação, coincidam com as espécies responsáveis por tais diferenç as em retângulos sem visitação, a intensidade dessas migrações nos retângulos de alta visitação atingiu grandes proporções quando comparados aos retângulos sem visitação. Muitas espécies responderam ao turismo se deslocando para as regiões periféricas aos locais de trânsito dos turistas, havendo um aumento pronunciado da riqueza nestes locais.

A partir das respostas apresentadas pelos organismos cavernícolas, o plano de manejo foi elaborado visando à proteção de todo o habitat cavernícola e de toda a fauna, para se assegurar a manutenção do equilíbrio da comunidade. Essa medida é essencial dada à dificuldade de uma identificação precisa dos invertebrados encontrados e determinação efetiva de quais espécies são mais

vulneráveis à extinção em função de distúrbios adversos, como o turismo desordenado (Eberhard 2001).

Diferentemente de outras cavernas turísticas presentes no país, Lapa nova não possui um sistema de iluminação elétrica. Este tipo de iluminação cria um fotoperíodo artificial nas cavernas, induzindo o crescimento de algas e outros organismos fotossintetizantes ao redor das lâmpadas. Tais comunidades são conhecidas como “*lampenflora*”, e podem causar danos no equilíbrio natural de uma caverna (Aley 2004). Para facilitar o acesso dos turistas causando o mínimo de impacto, recomenda-se a utilização, por parte dos guias, de sistemas de iluminação com lâmpadas de *led* (Diodo Emissor de Luz).

Desta forma, o plano de manejo proposto para Lapa Nova consiste basicamente de uma rota de caminhamento, que se assemelha à descrita por Ferreira e colaboradores (2009), na qual os turistas devem permanecer durante a travessia da cavidade. O referido autor atribui a essas rotas uma medida essencial ao manejo biológico de cavernas, uma vez que evita o pisoteamento excessivo, diminuindo-se o impacto incidente sobre qualquer invertebrado. Medidas como esta, que preservam uma ampla variedade de organismos, auxiliam a manutenção do equilíbrio da comunidade como um todo. Entretanto, após o efetivo implemento do plano de manejo é essencial que haja um monitoramento das comunidades para averiguar se a intervenção do manejo levou às respostas desejadas (Ferreira 2004).

Por fim, o plano de manejo biológico realizado em Lapa Nova foi um estudo inédito, tendo em vista os aspectos biológicos considerados, como os impactos imediatos sofridos pela comunidade antes e após a Festa em Louvor à Virgem da Lapa.

AGRADECIMENTOS

Aos colegas de trabalho Érika Linsi S. Taylor, Maysa Fernanda V. R. de Souza, Marconi Souza Silva, pelo auxílio em campo. Aos pesquisadores pela identificação de grupos taxonômicos: Thaís Oliveira do Carmo (Psocópteras), Leopoldo F. O. Bernardi (Acari), Maysa Fernanda V. R. de Souza (Palpígradi) e Daniele C. Pompeu (Pseudoscorpiones). Ao pesquisador Paulo dos Santos Pompeu, pelo auxílio nas análises estatísticas. Ao professor Rodrigo Lopes Ferreira pela ideia inovadora e co-autoria do trabalho. Por fim, à Votorantim Metais pelo apoio financeiro para a realização desse trabalho.

REFERÊNCIAS

- Aley, T. 2004. Tourist caves: algae and lampenflora. In: J. Gunn, ed. *Encyclopaedia of caves and karst science*, Fitzroy Dearborn, New York, p. 733-4.
- Auler AS, Rubbioli E & Brandi R, 2001. *As grandes cavernas do Brasil*. Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas. 228p.
- Barr JrTC & Holsinger JR, 1985. Speciation in cave faunas. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 16: 313-337.
- Barr TC & Kuehne RA, 1971. Ecological studies in Mammoth Cave ecosystems of Kentucky. II The ecosystem. *Ann. Spéléol.*, 26: 47-96.
- Boggiani PC, Silva OJ, Gesicki ALD, Gallati EAB, Salles LO & Lima MMER, 2007. Definição de capacidade de carga turística das cavernas do monumento natural Gruta do Lago Azul (Bonito, MS). *Geociências*, 26(4): 333-348.
- Calaforra JM, Fernández-Cortés A, Sánchez-Martos F, Gisbert J & Pulido-Bosch A, 2003. Environmental control for determining human impact and

permanent visitor capacity in a potential show cave before tourist use. *Environmental Conservation*, 30(2): 160-167.

Carste Consultores Associados. 2009. Plano de Manejo Espeleológico Lapa Nova, Vazante, Minas Gerais. *Votorantim metais*, 118p.

Cigna A, 2005. A Show Caves. In: Culver, D.C. & White, W.B. (Ed.), *Encyclopedia of Caves*, 654p.

Christiansen KA, 1962. Proposition pour la classification des animaux cavernicoles. *Spelunca*, 2: 75-8.

Culver DC & Pipan T, 2008. The Biology of Caves and other Subterranean Habitats. *Oxford University Press*. 254p.

Drummond GMB, Martins CS, Machado ABM, Sebaio FA & Antonini Y, 2005. *Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação*. 2ª ed. Belo Horizonte, Brasil: Fundação Biodiversitas. 222p.

Eberhard S, 2001. Cave fauna monitoring and management at Ida Bay, Tasmania. *Records of the Western Australia Museum Supplement*. 64: 97-104.

Ferreira RL. *A medida da complexidade ecológica e suas aplicações na conservação e manejo de ecossistemas subterrâneos*. Tese apresentada ao programa de pós-graduação em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 2004, 158p.

Ferreira RL, Bernardi LFO, Souza-Silva M, 2009. Caracterização dos ecossistemas das Grutas Aroê Jari, Kiogo Brado e Lago Azul (Chapada dos Guimarães, MT): Subsídios para o turismo nestas cavidades. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 9(1): 41-58.

Hamilton-Smith E, 2004. Tourist Caves. In: Gunn, J. (Ed.), *Encyclopaedia of Cave and Karst Science*, p.1554.

Howarth FG, 1983. Ecology of cave arthropods. *Annual Review of Entomology*, 28: 365–389.

Lino CF, 2001. *Cavernas: o fascinante Brasil subterrâneo*. 2.ed. rev e atual. São Paulo: Gaia.

Lobo HAS, 2006. *O lado escuro do paraíso: espeleoturismo na Serra da Bodoquena. Aquidauana: UFMS*. Dissertação (Mestrado em Geografia), Departamento de Geociências, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Lobo HAS, Veríssimo CUV, Figueiredo LAV & Rasteiro MA 2007. Potencial Geoturístico da Paisagem Cárstica. *Global Turismo*, 3(2).

Lobo HAS, 2008. Capacidade de Carga Real (CCR) da Caverna de Santana, Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR) – SP, e indicações para o seu manejo turístico. *Geociências*, 27(3): 369-385.

Marra RJC, 2001. *Espeleo turismo: planejamento e manejo de cavernas*. Brasília: WD Ambiental.

Oliveira Mello A, 1977. Da visão da lapa ao minério: Vazante. Prefeitura Municipal de Vazante, 194 p.

Poulson TL & White WB, 1969. The cave environment. *Science*, 165: 971-981.

Pulido-Bosch A, Rosales WM, Chicano ML, Navarro CMR & Vallejos A, 1997. Human impact in a tourist karstic cave (Aracena, Spain). *Environmental Geology*. 31(3/4): 142-149.

Romero A, 2009. *Cave Biology*. Cambridge University Press, New York, 319p.

Russel MJ, Maclean VL, 2008. Management issues in a Tasmanian tourist cave: Potential microclimatic impacts of cave modifications. *Journal of environmental Management*, 87: 474-483.

(A)Sessegolo GC, Oliveira K, Pries DC, Rocha LFS & Zakrzewski DP. 2004. 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), 446-453.

(b)Sessegolo GC, Pries DC, Rocha LFS, Pinto-da-Rocha R & Zakrzewski DP. 2004. Manejo da caverna do Maroaga, Presidente Figueiredo/AM. *IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação*. Anais, volume I (Trabalhos técnicos), 399-405.

Song L, Wei X & Liang F. 2000. The influences of cave tourism on CO₂ and temperature in Baiyun Cave, Hebei, China. *International Journal of Speleology*, 29 B (1/4): 77-87.

Trajano E. 2000. Cave Faunas in the Atlantic Tropical Rain Forest: Composition, Ecology, and Conservation. *Biotropica*, 32(4): 882-893.

Tambourgi DV, Morgan BP, Gonçalves-de-Andrade RM, Magnoli FC & Van den Berg CW. 2000. *Loxosceles intermedia* spider envenomation induces activation of an endogenous metalloproteinase, resulting in cleavage of glycophorins from the erythrocyte surface and facilitating complement-mediated lysis. *Blood* 95: 683-691

APÊNDICE 1 - Análise de SIMPER. Comparação da abundância de espécies presentes nos retângulos de alta e periféricos à visitação. Em negrito estão destacadas as espécies que desapareceram nos retângulos de alta visitação e surgiram nos retângulos periféricos á visitação – Lapa Nova – 2009.

TAXA	Contribuição	Acumulativo %	ALTA		PERIFÉRICO	
			Antes	Depois	Antes	Depois
Hebridae sp1	15,11	18,12	23,7	18,7	6	47
Collembola sp1	13,44	34,23	13,7	5,33	20,5	48,5
<i>Psyllipsocus</i> sp3	6,408	41,91	9,33	6,33	8,5	1
<i>Loxosceles variegata</i>	4,261	47,02	4	2,33	0,5	0
<i>Endecous</i> sp	3,983	51,8	4	0,333	1,5	1
Nematoda sp	3,766	56,32	0	0	5,5	0
Cholevidae sp	2,829	59,71	2,33	0,667	3	7,5
Cydnidae sp3	2,422	62,61	2,33	3	0	8,5
Conicera sp1	2,331	65,41	0	0,667	0	16,5
Formicidae sp4	2,315	68,18	10,3	0,667	0	0
Staphylinidae sp4	2,27	70,91	3,67	3	3	3,5
Theridiidae sp10	2,067	73,38	1	0	0	2
Dipetra sp3	2,027	75,81	0	0	0	2,5
Larva de Chironomidae sp2	1,643	77,78	0	0	2	0,5
Trichorhina sp	1,603	79,71	1,33	1	0	3
Carabidae sp1	1,465	81,46	1,67	0	0	4
Chernetidae sp1	1,376	83,11	1,67	0,333	0	1
Lumbricidae sp	1,193	84,54	1,67	0,333	3	1
Rhagidiidae sp	1,008	85,75	1,67	1	0	3

Fonte: Pellegrini (2011)

NOTA CIENTÍFICA 1

**A IMPORTÂNCIA DO EMPREGO DE METODOLOGIAS
DIFERENCIADAS PARA SE OBTER UMA AMOSTRAGEM MAIS
EFICIENTE DE SISTEMAS CAVERNÍCOLAS**

A nota científica foi redigida conforme as normas da revista científica:

“Speleobiology Notes”, issn: 1945-9211, (versão preliminar)

Cavernas compreendem sistemas totalmente afóticos, que exercem uma forte pressão evolutiva sobre as espécies que nelas se estabelecem³. Ainda assim existe uma grande variedade de organismos que são encontrados no ambiente cavernícola por diferentes razões, seja por acidente ou à procura de abrigo, de locais com condições climáticas mais estáveis, para fugir de alguns predadores, dentre outras razões¹⁴.

Diferentes espécies presentes em cavernas, com histórias de vida distintas, agrupam-se constituindo comunidades variadas (embora interativas, em maior ou menor grau). Tais comunidades podem ser aquáticas ou terrestres. As aquáticas associam-se a lençóis freáticos ou cursos d'água, e tendem a se distribuir por todo o volume de água, desde que existam nutrientes.

As comunidades terrestres, por sua vez, podem ser divididas em para-epígeas, recurso-espaço-dependentes ou recurso-espaço-independentes⁷. As comunidades para-epígeas são compostas por espécies que vivem de preferência junto às entradas da caverna (zona de ecótono). São comuns espécies que vivem dentro ou fora das cavernas, pois a entrada é uma área de transição entre os dois ambientes¹³. As comunidades recurso-espaço-dependentes apresentam espécies que vivem em áreas internas, mas apenas onde há recursos orgânicos. Incluem em geral pequenos organismos de mobilidade limitada, incapazes de percorrer periodicamente grandes extensões atrás de alimento. Já as comunidades recurso-espaço-independentes são formadas por organismos capazes de se deslocar por grandes espaços em busca de alimento. São constituídas por organismos maiores, sendo que a maioria dos invertebrados encontrados em cavernas faz parte dessa comunidade.

O objetivo do presente trabalho foi verificar a importância do emprego de diferentes metodologias para se amostrar invertebrados em diferentes biótopos cavernícolas, como uma forma de se obter dados mais precisos acerca da riqueza do sistema em estudo.

O presente estudo foi realizado na caverna dolomítica Lapa Nova. A caverna encontra-se no município de Vazante, noroeste de Minas Gerais, Brasil (UTM -23 299811 - 8010693) ¹. Em termos nacionais, está entre as 35 maiores cavernas do país, sendo a sexta em desenvolvimento no estado de Minas Gerais, com 4,5 Km de extensão.

A metodologia empregada para a coleta de invertebrados nos substratos terrestres foi a proposta por Ferreira (2004). Tal metodologia consiste na coleta manual dos invertebrados com o auxílio de pinças e pincéis, conferindo especial atenção à micro-hábitats como acúmulos de substratos orgânicos (guano, troncos, folhiços) e espaços sob rochas. Tal método é realizado somente através de coleta manual, sem o uso de quaisquer aparatos ópticos (como lupas manuais) ou extratores (como Winkler, Sifter, dentre outros).

Para a amostragem de um grande depósito de guano presente na cavidade foi empregada uma metodologia diferenciada. Foi estabelecido um transecto linear no sentido do maior comprimento do depósito até se atingir uma região onde não ocorria mais guano visível. Amostras foram removidas de quadrículas de 400 cm² com uma profundidade de 5 cm. Tais amostras foram acondicionadas individualmente em potes plásticos, que foram vedados, etiquetados e levados ao Laboratório de Zoologia da UFLA. Tal material foi previamente triado para a retirada dos organismos maiores. Para tanto, as amostras foram colocadas em uma bandeja de fundo branco e com o auxílio de pinças e pincéis foi realizada uma triagem visual dos invertebrados. Posteriormente, estas amostras foram acondicionadas em funis de Berlese-Tullgren, por uma semana, para extração dos invertebrados que não puderam ser coletados visualmente ². A fauna extraída foi preservada em álcool 70% para posterior identificação até o nível taxonômico possível e separação em morfoespécies.

Nos locais de represamento de água, foi utilizada uma rede de zooplâncton para a amostragem de organismos aquáticos. Todos os espécimes coletados em Lapa Nova foram identificados ao menor nível taxonômico possível para os cálculos de riqueza. De posse dos dados de riqueza, foi realizada uma análise de similaridade entre os diferentes métodos amostrais.

Pelo inventário geral da cavidade foi encontrado um total de 187 espécies, pertencentes aos seguintes taxons: Aranae (Caponidae, Nemesidae, Deinopidae, Ctenidae, Pholcidae, Salticidae, Segestriidae, Gnaphosidae, Theridiidae, Sicariidae, Oonopidae), Acari (Bdellidae, Tenerifiidae, Acaridae, Laelapidae, Anystidae, Rhagidiidae, Ologamasidae, Ixodidae, Podocinidae, Melicharidae, Macronistidae, Cheyletidae, Opioidae, Astigmata), Opiliones (Gonyleptidae), Pseudoscorpiones (Chernetidae, Chtoniidae, Withiidae), Palpigradi (Eukoeneiidae), Geophilomorpha (Geophilidae), Lithobiomorpha (Henicopidae), Scutigleromorpha, Spirostreptida (Pseudonannonelidae), Isopoda (Stylonicidae, Dubioniscidae, Platyarthridae) Ostracoda, Oligochaeta (Lumbricidae), Hirudinea, Stylommatophora, Coleoptera (Cholevidae, Ptilodactylidae, Carabidae, Staphylinidae, Elateridae, Histeridae, Tenebrionidae, Ptiliidae, Dermestidae), Ensifera (Phalangopsidae), Lepidoptera (Noctuidae, Tineidae, Arctiidae), Hymenoptera (Formicidae, Brachonidae), Homoptera (Cicadellidae), Blattodea, Heteroptera (Reduviidae, Hebridae, Cydnidae, Veliidae, Ploiariidae), Collembola (Arrhopalitidae, Entomobryiidae, Hypogastruridae), Isoptera (Nasutitermitidae), Psocoptera (Psyllipsosidae, Liposcelidae, Ptiloneuridae) e Diptera (Drosophilidae, Milichiidae, Phoridae, Psychodidae, Cecydomyiidae, Culicidae, Keroplatidae, Chironomidae, Mycetophilidae, Muscidae).

A metodologia empregada no grande depósito de guano apresentou um total de 61 morfoespécies pertencentes a 12 ordens distintas: Mesostigmata (Ameroseidae, Asciedae, Digamasellidae, Macrochelidae, Rhodacharidae,

Dinychidae, Trematuridae, Tryginaspidae), Sarcoptiformes (Nanorchestidae, Acaridae, Histiostomatidae, Cosmochthoniidae, Sphaerochthoniidae), Trombidiformes (Microdispidae, Scutacharidae, Tarsonemidae, Stigmaeidae, Eupodidae, Tydidae), Araneae (Sicariidae), Pseudoscorpiones (Chernetidae), Geophilomorpha (Geophilidae), Diptera (Cecidomyiidae, Drosophilidae, Sciaridae), Coleoptera (Histeridae), Hymenoptera (Braconidae), Lepidoptera (Tineidae), Psocoptera (Psyllipsocidae) e Collembola (Entomobryidae), além de Oligochaeta (Lumbricidae).

O método de coleta por rede de zooplâncton foi o que apresentou a menor riqueza, com seis morfoespécies. Estas se encontram distribuídas em quatro táxons distintos: Annelida, Diptera, Ostracoda e Copepoda (Harpacticoida).

Os métodos de amostragem no guano e na água acrescentaram 39 espécies à amostragem empregada em toda a extensão da caverna. Somente o método dos funis de Berlese acrescentou um total de 36 espécies à riqueza total, o que representou um incremento de quase 20% na riqueza da caverna. Já a rede de zooplâncton não representou um acréscimo tão significativo, com apenas três espécies a mais (1,6%). Dessa forma, com o uso de metodologias distintas e específicas, a riqueza total da cavidade se elevou de 187 para 218 espécies na caverna Lapa Nova.

A análise de similaridade evidenciou que a fauna encontrada nos diferentes substratos da caverna é pouco similar (Figura 1). Somente uma morfoespécie de Annelida foi encontrada em todas as formas de amostragem. Além desta, uma morfoespécie de Ostracoda foi comum à amostragem geral da caverna e também à de rede de zooplâncton. As espécies em comum entre a coleta geral e a específica do guano foram: *Loxosceles variegata*, *Proctolaelaps* sp., *Stratiolaelaps* sp., *Cheyletus* sp., Astigmata sp1, Chernetidae sp1, Chernetidae sp2, Geophilidae sp., Histeridae sp., Tenebrionidae sp1 (larva),

Tenebrionidae sp2 (larva), Coleoptera sp1 (larva), Coleoptera sp2 (larva), Tineidae sp1, Hymenoptera sp2, Hymenoptera sp2, Collembola sp1, Collembola sp2, *Psyllipsocus* sp., *Drosophila* sp., Cecidomyiidae sp1, Diptera sp1 (larva) e Diptera sp2 (larva).

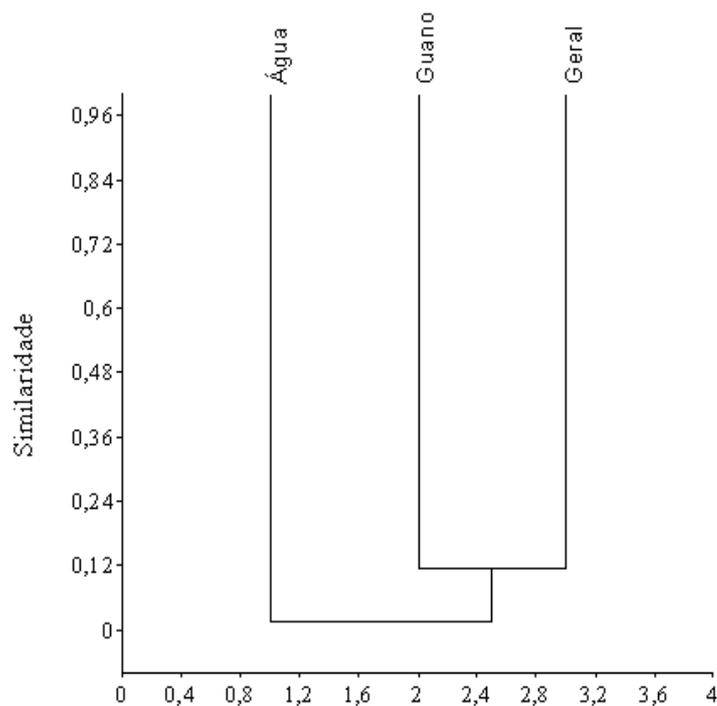


Figura 1 Análise de similaridade pelo índice de Jaccard.
Fonte: Pellegrini (2011)

Optou-se, neste estudo, por não aplicar uma metodologia diferenciada nos acúmulos de matéria orgânica vegetal, por estes estarem localizados em regiões de entrada. Um estudo realizado na região de ecótono na Lapa do Mosquito (Curvelo, MG), mostrou que a fauna presente nestas regiões é a mais rica, apresentando similaridade tanto com a fauna de invertebrados epígeos (fora da caverna) quanto hipógeos (dentro da caverna) ¹³. Portanto, a amostragem

detalhada desses substratos poderia levar a uma superestimativa da riqueza real da caverna, por potencialmente incorporar elementos tipicamente epígeos.

São poucos os estudos concernentes às diferenças de riqueza apresentadas por diferentes métodos de coleta em substratos distintos de cavernas. Um estudo desse tipo, realizado por Gomes e colaboradores (2000), evidenciou que muitas morfoespécies aparecem apenas em guano de morcegos ou serrapilheira, sendo de grande importância uma amostragem mais minuciosa desses substratos orgânicos. No referido trabalho, realizado na Gruta Ciminias (Pedro Leopoldo, MG), foram encontradas 66 morfoespécies de artrópodes, sendo 44 exclusivas da coleta de varredura, 10 exclusivas da serrapilheira e 12 exclusivas do guano de morcegos. Ainda que o número de espécies encontradas somente no depósito de guano em Lapa Nova tenha sido grande, sua representatividade na riqueza total foi menor do que a encontrada na Gruta Ciminias, tendo em vista que a riqueza total de Lapa Nova é muito superior.

Outro estudo que aborda essa questão foi realizado na Toca da Raposa (Simão Dias, SE)¹⁵. Foi amostrado um total de 15 morfoespécies; destas, 13 foram amostradas pelas coletas realizadas em depósito de guano, das quais cinco (30%) foram coletas exclusivamente neste substrato. Entretanto, a forma de coleta no guano, utilizando armadilhas do tipo pitfall, não é a mais indicada para a coleta de espécies de comunidades recurso-espaco-dependentes. Pela definição de Ferreira e Martins (2001), tais comunidades são, em geral, compostas de espécies de tamanho reduzido e baixa mobilidade, como comprovado pelo presente estudo. A maioria das espécies exclusivas do depósito de guano pertencente à subclasse Acari. Essa predominância de espécies dessa subclasse é confirmada por diversos trabalhos^{12, 10,7, 5, 8, 16, 11}.

A baixa riqueza de espécies encontrada nas coleções de água em Lapa Nova, muito provavelmente se deve ao fato destas comunidades terem sofrido uma drástica interferência antrópica. Houve o relato de que a prefeitura

municipal de Vazante, no intuito de controlar a população de *Aedes aegypti*, pulverizou veneno nos pequenos lagos e represas de travertino existentes no interior da caverna. Foram exatamente estes habitats que foram amostrados pelo método de rede de zooplâncton.

Por fim, este estudo fornece bases empíricas da importância do emprego de metodologias diferenciadas para a obtenção da maior quantidade de espécies presentes em uma caverna. Estudos de riqueza possuem dados confiáveis quando são realizadas amostragens complementares, que se adequem aos diferentes tipos de habitat presentes em cavernas.

AGRADECIMENTOS

Aos colegas de trabalho Érika Linzi S. Taylor, Maysa Fernanda V. R. Souza, Marconi Souza Silva, pelo auxílio em campo. Aos colegas Daniele C. Pompeu, Maysa F. V. de Souza e Leopoldo Bernardi, pelo auxílio na identificação do material. Por fim, ao pesquisador Rodrigo Lopes Ferreira, pelo auxílio nas análises dos dados e co-autoria do trabalho.

REFERÊNCIAS

1. Auler A.S., Rubbioli E. & Brandi, R. 2001. *As grandes cavernas do Brasil*. Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas. 228pp.
2. Bernarth R.F. & Kunz T.H. 1981. Structure and dynamics of arthropod communities in bat guano deposits in buildings. *Canadian Journal of Zoology*, **59**, 260-270.
3. Culver D.C. & Pipan T. 2008. *The Biology of Caves and other Subterranean Habitats*. Oxford University Press, 254p.
4. Ferreira, R.L. 2004. *Medida da complexidade ecológica e suas aplicações na conservação e manejo de ecossistemas subterrâneos*. 161

p. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

5. Ferreira R.L., Martins R.P. 1999. Guano de morcegos: fonte de vida em cavernas. *Ciência Hoje*, **25(146)**, 34-40.
6. Ferreira R.L., Martins R.P. & Yanega, D. 2000. Ecology of bat guano arthropod communities in a brazilian dry cave. *Ecotropica*, **6(2)**, 105-116.
7. Ferreira R. L. & Martins R. P. 2001. Cavernas em risco de “extinção”. *Ciência Hoje*, **29**, 20-28.
8. Ferreira R.L. & Pompeu P.S. 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.
9. Gomes, F.T.M.C., Ferreira, R.L., Jacobi, C.M. 2000. Comunidade de artrópodes de uma caverna calcária em área de mineração: composição e estrutura. *Revista Brasileira de Zoociências*, **2(1)**, 77-96.
10. Herrera F.F. 1995. Las comunidades de artropodos Del guano de guacharos en la Cueva del Guacharo, Venezuela. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*. **29**, 39-46.
11. Moulds T. 2004. Review of Australian Cave Guano Ecosystems with a Checklist of Guano Invertebrates. *Proceedings of the Linnean Society of New South Wales*, **125**, 1-42.
12. Poulson T.L. 1972. Bat guano ecosystems. *Bulletin of the National Speleological Society*. **34**, 55-59.
13. Prous X., Ferreira R.L. & Martins R.P. 2004. Ecótono delimitation: Epigeal-hypogean transition in cave ecosystems. *Austral Ecology*, **29**, 374-382.
14. Romero A. 2009. *Cave Biology*. Cambridge University Press, New York, 319p.
15. Santana M.E.V., Souto L.S. & Dantas M.A.T. 2010. Diversidade de invertebrados cavernícolas na Toca da Raposa (Simão Dias – Sergipe): o

papel do recurso alimentar e métodos de amostragem. *Scientia Plena*, **6(12)**, 1-8.

16. Webster J.M. & Whitaker JR.J. 2005. O. Study of guano communities of big Brown bat colonies in Indian and Neighboring Illinois Counties. *Northeastern Naturalist*. **12(2)**, 221-232.

ARTIGO 3

**VARIAÇÕES NA ESTRUTURA DA COMUNIDADE ASSOCIADA A UM
DEPÓSITO DE GUANO E SUA INTERFACE COM O SOLO
ADJACENTE**

A nota científica foi redigida conforme as normas da revista científica: "*Austral Ecology*", ISSN: 1442-9985, (versão preliminar)

RESUMO

Depósitos de guano de morcegos constituem uma importante fonte de recurso alimentar para organismos cavernícolas, podendo abrigar comunidades inteiras em um único depósito. Uma amostragem realizada em um guano misto (frugívoro e insetívoro) e em sua interface com o solo adjacente, revelou que existe uma grande variação dos parâmetros físico-químicos (nitrogênio, fósforo, matéria orgânica, pH e umidade) ao longo deste gradiente. As ordens que apresentaram uma maior abundância e riqueza de espécies foram Mesostigmata, Sarcoptiformes e Trombidiformes, todas pertencentes à subclasse Acari. A maior riqueza de espécies de invertebrados está positivamente relacionada à umidade local e negativamente relacionada à concentração de fósforo. A diversidade também está diretamente relacionada à umidade. Por outro lado, a abundância de indivíduos aumenta com o aumento da concentração de nitrogênio no guano. A análise de correspondência canônica mostrou que a umidade é o fator que mais influencia os padrões de distribuição e número de indivíduos das espécies mais abundantes. Os parâmetros: fósforo, nitrogênio, matéria orgânica e pH são correlacionados, embora tenham mostrado menor influência nos padrões apresentados pelos invertebrados associados ao depósito de guano. Por fim, foi elaborada uma teia trófica das espécies mais abundantes do guano, baseada em dados da literatura, correlação entre as espécies, preferências por micro-habitats e proporções de abundância das populações.

Palavras-chave: Caverna. Recurso alimentar. Comunidade. Ácaros. Umidade.

INTRODUÇÃO

A condição de total ausência de luz e conseqüente inexistência de organismos fotossintetizantes faz com que os ambientes cavernícolas dependam de recursos provenientes do meio externo. Tal condição frequentemente determina um padrão de oligotrofia nestes sistemas (Culver, 1982). No entanto, esta condição nem sempre é prevalente em cavernas, especialmente naquelas onde existem depósitos de guano. O guano de aves, invertebrados e mais comumente o de morcegos, pode formar extensos depósitos em cavernas e, nestes casos, constitui-se da principal fonte de recurso para os organismos cavernícolas (Gnaspini-Netto, 1989; Ferreira & Martins, 1998, Ferreira *et al*, 2000).

O guano mais comum em cavernas é o produzido por morcegos. Muitas vezes tais organismos produzem depósitos consideravelmente volumosos. Além disso, guano de morcegos pode ser categorizado de acordo com os hábitos alimentares da espécie que o produz. De acordo com Gnaspini-Netto (1989) existem três categorias de guano produzido por morcegos em cavernas brasileiras: (i) de frugívoros, composto principalmente por sementes pequenas intactas e ocasionalmente grandes, também intactas; (ii) de insetívoros, composto de partes de quitina de insetos e outros artrópodes; (iii) de hematófagos, de consistência pastosa e cor avermelhada quando recém-depositado. Embora tais tipos sejam comumente produzidos somente por uma colônia, existem casos onde mais de uma colônia pode habitar um mesmo local em uma caverna. Caso estas colônias pertençam a espécies com dietas distintas, o depósito produzido compreenderá uma mescla de tipos diferentes de guano. Nestes casos, os depósitos são denominados “guano misto”.

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

(Harris, 1970). Tais depósitos por sua vez, abrigam inúmeras comunidades zoológicas em diferentes estágios sucessionais (Decu, 1986). Essa heterogeneidade das condições químicas dos depósitos de guano se dá, em grande parte, pela variação sofrida por este substrato ao longo do tempo. Um guano mais fresco em geral é mais alcalino e úmido, e à medida que envelhece vai se tornando mais ácido e seco (Bernarth & Kunz, 1981, Ferreira & Martins, 1999). Entretanto, estudos desenvolvidos por Ferreira e colaboradores (2000), demonstraram que não se pode tomar apenas dados de umidade e pH para se inferir a idade de um depósito de guano. Segundo estes autores, os depósitos de guano são sistemas abertos, sendo, por isso, afetados por processos químicos, físicos e biológicos, tais como: água de percolação, revolvimento físico e biológico e incorporação de cadáveres de animais e exúvias.

Depósitos de guano exercem forte influência no padrão de distribuição de algumas populações cavernícolas, podendo abrigar extensas comunidades (Ferreira & Martins, 1999). Essas comunidades compreendem diversos organismos como bactérias, fungos, protozoários, nematóides, ácaros, coleópteros, dípteros, lepidópteros e aranhas (Harris, 1970). Entre estes, os ácaros compreendem os organismos mais abundantes nas comunidades de guano (Ferreira & Martins, 1999).

Entretanto, a maioria dos estudos realizados com as comunidades associadas a depósitos de guano em cavidades subterrâneas consiste em descrições das cadeias alimentares e listagem de espécies (e.g. Hamilton-Smith, 1967; Harris, 1970; Decu, 1986; Moulds, 2004). Poucos estudos levam em consideração inter-relações com os parâmetros físico-químicos do substrato em estudo.

Além disso, não existem estudos que consideram os gradientes de variação dos parâmetros físico-químicos do substrato na região de interface do guano com o solo. Portanto, existe a necessidade de se compreender qual a

interferência dessa mudança nas propriedades do substrato sobre as comunidades de invertebrados associadas. Dessa forma, para se compreender a estrutura de uma comunidade associada ao guano de morcegos, é importante relacionar padrões de riqueza e abundância dessas à parâmetros abióticos desses depósitos orgânicos.

O presente estudo teve como objetivos determinar composição da comunidade de invertebrados associados a um grande depósito de guano e sua interface com o solo adjacente presente na caverna Lapa Nova. Verificar se fatores abióticos do guano e do solo (pH, porcentagem de matéria orgânica, teor de umidade, nitrogênio total e fósforo total) influenciam a estrutura da comunidade de invertebrados associada a estes substratos. Por fim, representar em uma teia trófica das espécies mais abundantes do guano, as possíveis interações existentes.

MATERIAIS E MÉTODOS:

Área de Estudo

O trabalho foi realizado em um grande depósito de guano de morcegos localizado em Lapa Nova. Esta caverna dolomítica localiza-se no município de Vazante, noroeste de Minas Gerais, Brasil (UTM -23 299811 - 8010693) (Auler, 2001). Embora não possua estrutura para turismo em massa, a caverna é visitada anualmente há várias décadas por romeiros, funcionando como um pólo local de turismo.

O guano estudado encontra-se em um dos setores mais distantes da entrada principal da caverna. Este está em contínua deposição e é caracterizado como um guano misto, composto por guano de morcegos frugívoros e insetívoros. O depósito possui, em média, 15 metros de extensão linear e 5

metros de largura, constituindo uma importante fonte de recurso alimentar para os organismos desta caverna.

Metodologia

Primeiramente foi estabelecido um transecto linear no sentido do maior comprimento do depósito até se atingir uma região onde não ocorria mais guano visível. Posteriormente foram coletadas duas amostras a cada metro neste transecto. Para as análises biológicas foi coletado um mesmo volume de guano em todos os pontos. Estas amostras foram removidas de quadrículas de 400 cm² com uma profundidade de 5 cm. Para análise da estrutura da comunidade, as amostras foram acondicionadas individualmente em potes plásticos, que foram vedados, etiquetados e levados ao Laboratório de Zoologia da UFLA. O outro conjunto de amostras retiradas do depósito acondicionado em sacos plásticos, que também foram vedados, etiquetados, e levados ao laboratório. Tais amostras foram utilizadas para quantificar a percentagem de matéria orgânica, teor de umidade e o pH.

O primeiro conjunto de amostras foi previamente triado para a retirada dos organismos maiores. Para tanto, as amostras foram colocadas em uma bandeja de fundo branco e com o auxílio de pinças e pincéis foi realizada uma triagem visual dos invertebrados. Posteriormente, estas amostras foram acondicionadas em funis de Berlese-Tullgren, por uma semana, para extração dos invertebrados que não puderam ser coletados visualmente (Bernarth & Kuns, 1981). A fauna extraída foi preservada em álcool 70% para posterior identificação até o nível taxonômico possível e separação em morfoespécies. A partir dos números obtidos pela triagem foram calculados os valores de riqueza, equitabilidade, diversidade e abundância de cada ponto. O cálculo de diversidade foi feito utilizando-se o índice de Shannon-Wiener (Magurran 1988).

A percentagem de umidade foi obtida através da subtração do peso anterior e posterior ao processo de secagem (100 °C durante 48 h) a partir de uma fração do segundo grupo de amostras coletadas (Ferreira & Martins, 1998). Análises de pH foram realizadas no laboratório de química da Universidade Federal de Lavras, onde 10 gramas de cada amostra foram diluídas em 10ml de água destilada e homogeneizadas por cerca de um minuto. Os valores de pH foram retirados de cada amostra a partir de um medidor de pH. Análises dos teores de nitrogênio, fósforo e matéria orgânica foram realizadas pelo Laboratório de Solos da Universidade Federal de Lavras.

Análises de dados

A similaridade entre a fauna dos diferentes pontos do guano foi comparada utilizando o modelo de escalonamento multidimensional não métrico (*Non-metric Multidimensional Scaling – n-MDS*). Tal análise exploratória transforma as distâncias entre pares de objetos encaixando-os em conjuntos bidimensionais de acordo com a distância euclidiana (ou baseada em valores de similaridade). O n-MDS foi construído com base na composição quantitativa da fauna de invertebrados utilizando o índice de Jaccard. O intuito desta análise foi basicamente o de comparar as eventuais diferenças existentes entre a composição de organismos no guano, na interface do guano e no solo. Foi avaliada a existência de diferenças significativas entre os grupos do n-MDS através da análise de ANOSIM. Por fim, foi utilizada a análise de SIMPER para avaliar quais espécies foram responsáveis por tais diferenças. Todas as análises acima foram realizadas através do programa *Past*.

A relação entre os parâmetros abióticos (pH, umidade, teores de nitrogênio e fósforo e disponibilidade de matéria orgânica) com as variáveis bióticas (riqueza, abundância e diversidade de invertebrados), foi testada para cada variável através de regressão múltipla (Zar, 1996). Para tal utilizou-se o

programa *Statistica*. A relação entre a abundância das espécies mais representativas e os parâmetros abióticos foi avaliada através de Análise de Correlação Canônica (CCA) realizada pelo programa *PC-ORD 5.0*. Por fim, foi obtida uma matriz de correlações entre as espécies mais abundantes e mais bem distribuídas com os parâmetros ambientais através do programa *BioEstat 5.0*. Posteriormente, foi construída uma matriz de correlações somente entre as espécies mais abundantes do guano através do programa *Statistica*.

As possíveis interações existentes entre as espécies mais abundantes no depósito de guano foram também determinadas. Para tal tomou-se como base as informações da literatura sobre a biologia de cada grupo (Evans, 1992; Krantz, 2009), as correlações existentes entre as espécies, as proporções das abundâncias e finalmente suas preferências por micro-habitats obtidas pelo *CCA*.

Para se certificar da eficiência da amostragem do depósito em estudo foi construída uma curva do coletor e seu intervalo de confiança com 100 simulações da riqueza acumulativa observada ao longo dos 25 pontos amostrais através do programa *EstimateS*. Foram calculadas, pelo mesmo programa, a riqueza e abundância esperadas no depósito de guano através da média dos estimadores Jackknife 1 e 2 e Chao 1 e 2. Por fim, foi simulado o número de “singletons”, “doubletons”, “uniques” e “duplicates” ao longo das amostras. O gráfico da curva do coletor foi obtido através do programa *Statistica*.

RESULTADOS

Dentre os parâmetros abióticos analisados, a matéria orgânica (MO) e o nitrogênio (N) foram os que apresentaram a queda mais pronunciada, a partir do ponto onde começa a haver uma predominância de solo ao invés de fezes de morcego. Por outro lado, o fósforo (P) se comportou de maneira antagônica ao nitrogênio e matéria orgânica. Locais de predominância de solo apresentaram

uma maior concentração de fósforo. O pH mostrou três padrões distintos ao longo do transecto amostrado. Do ponto 1 ao 11 o pH é mais neutro, variando de 5,6 a 7,1; do ponto 12 ao 17, o pH se torna mais ácido, com valores de 5,2 a 5,8. Por fim, na porção final do depósito (e sua interface com o solo adjacente), o pH se torna alcalino, com valores que ultrapassam 7,8. A umidade apresenta um grande pico nos pontos 3 e 4 (Figura 1).

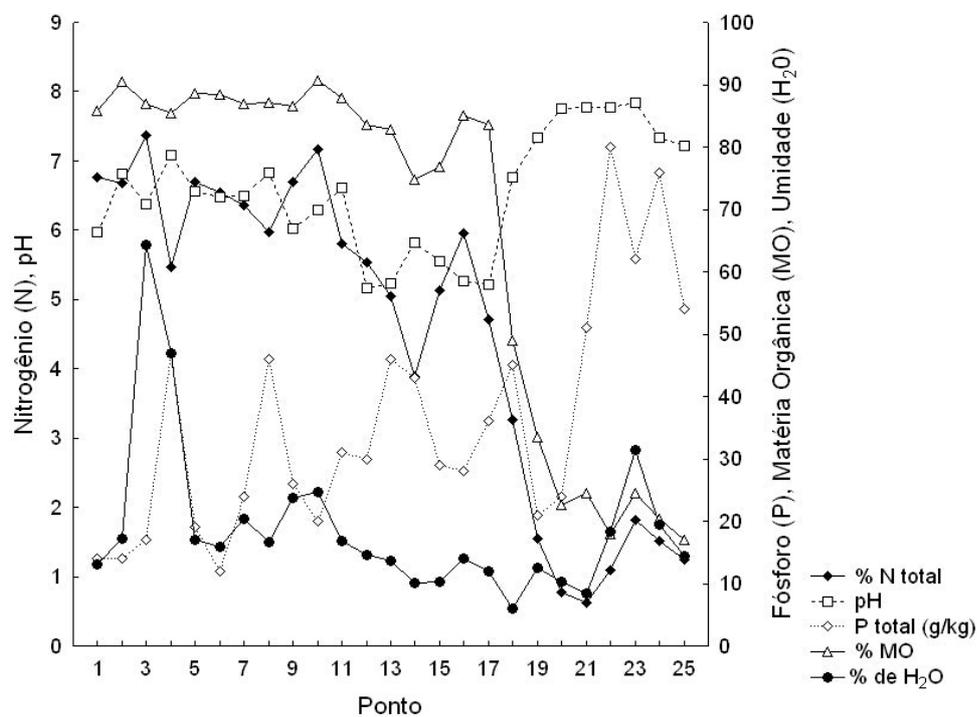


Figura 1 Gráfico representando os valores de pH, quantidade de Fósforo (g/kg) e porcentagens de Nitrogênio, Matéria Orgânica e Umidade encontrados em cada ponto do guano.

Fonte: Pellegrini (2011)

Foram amostrados 157.271 indivíduos, distribuídos em 61 morfoespécies pertencentes a 12 ordens distintas: Mesostigmata, Sarcoptiformes, Trombidiformes, Araneae, Pseudoscorpiones, Geophilomorpha, Diptera, Coleoptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Psocoptera e Collembola, além

de Oligochaeta. A subclasse Acari (que compreende as ordens Mesostigmata, Sarcoptiformes e Trombidiformes) foi a mais abundante, com 156.319 indivíduos, representando 99,34% do total de indivíduos. Tal sub-classe foi representada por 36 morfoespécies. Dentre os artrópodes excluindo-se os ácaros, a ordem mais abundante foi Lepidoptera, com duas morfoespécies identificadas, que totalizaram 393 indivíduos. Araneae e Geophilomorpha foram as ordens menos abundantes, com apenas 1 indivíduo cada (APÊNDICE 1, 2 e 3).

Dentre os organismos mais bem distribuídos ao longo do depósito de guano destacam-se as morfoespécies: *Tarsonemus* sp. (25 pontos), *Tyrophagus* sp. (24), *Lorrya* sp. (21), *Androlaelaps* sp. (18), *Cheyletus* sp. (18), Scutacharidae sp. (17), Oribatida sp.2 (15) e Astigmata sp.1 (15). Já as morfoespécies que apresentaram um maior número de indivíduos foram: *Tarsonemus* sp. (64.817), *Lorryia* sp. (35.065), Oribatida sp.2 (17.932), *Cheyletus* sp (6.782), Uropodina sp.2 (5.434), Histiostomatidae sp. (4.060), *Tyrophagus* sp. (3.906), Oribatida sp.1 (2.712), Scutacharidae sp. (2.638), Eupodidae sp. (1.792), *Proctolaelaps* sp. (1.607), Dinychidae sp. (1.413), Stigmaeidae sp. (1.132), *Androlaelaps* sp. (1.045 indivíduos) e Rhodacaridae sp.1 (1.017). Juntos, estes organismos representam 24,5% de toda a riqueza encontrada e 96% da abundância total contabilizada no depósito (APÊNDICE 1 e 2). Algumas destas espécies são mostradas na figura. 2.



Figura 2 Fotografias de dois organismos da ordem Sarcoptiformes (Astigmata 1 à esquerda e Oribatida 2 ao centro) e um organismo da ordem Trombidiformes (Scutacharidae à direita).

Fonte: Bernardi (2009)

O ponto que apresentou os maiores valores de riqueza e diversidade foi o ponto 3, com 33 morfoespécies e diversidade igual a 1,974. A maior equitabilidade foi observada no ponto 23, com o valor de 0,9463. O ponto que apresentou maior abundância foi o ponto 5, com um total de 19.524 indivíduos. Por outro lado, os pontos que apresentaram o menor valor de riqueza foram 23, 24 e 25, com apenas 5 morfoespécies cada. Os menores valores de equitabilidade, diversidade e abundância foram encontrados nos pontos 8 ($E=0,204$), 21 ($H'=0,5273$) e 23 ($N=9$) respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1 Valores das variáveis bióticas encontrados em cada ponto amostral do guano de Lapa Nova – 2009.

Ponto	Riqueza	Equitabilidade	Diversidade	Abundância total
1	11	0,4664	1,118	1557
2	28	0,2971	0,9899	19089
3	33	0,5644	1,974	19341
4	28	0,442	1,473	13813
5	20	0,2934	0,8789	19524
6	19	0,3364	0,9906	7725
7	17	0,4074	1,154	3380
8	18	0,204	0,5895	17296
9	18	0,4863	1,405	3187
10	23	0,5368	1,683	9518
11	20	0,4128	1,237	10039
12	20	0,3459	1,036	10064
13	17	0,3118	0,8834	6687
14	12	0,4345	1,08	3766
15	8	0,5407	1,124	1016
16	12	0,4019	0,9986	5967
17	13	0,378	0,9695	965
18	6	0,3647	0,6534	1133
19	19	0,4472	1,317	1113
20	11	0,3483	0,8353	1261
21	6	0,2943	0,5273	283
22	8	0,5912	1,229	513
23	5	0,9463	1,523	9
24	5	0,8787	1,414	11
25	5	0,7891	1,27	14

Fonte: Pellegrini (2011)

A figura 3 representa o gradiente existente na transição do guano mais recentemente depositado (com duas manchas de deposição atual), para um guano mais e velho e posteriormente para o solo. A queda brusca dos valores de porcentagem de matéria orgânica nos pontos 18, 19 e 20, correspondem aos locais aonde a concentração de solo vai se tornando cada vez maior. Os dois primeiros picos de umidade e riqueza correspondem aos locais onde o guano está atualmente sendo depositado. Existe, ainda, um pico na riqueza,

correspondendo justamente ao local de transição do guano para o solo. Por fim, existe um pico de umidade em uma área com grande predominância de solo.

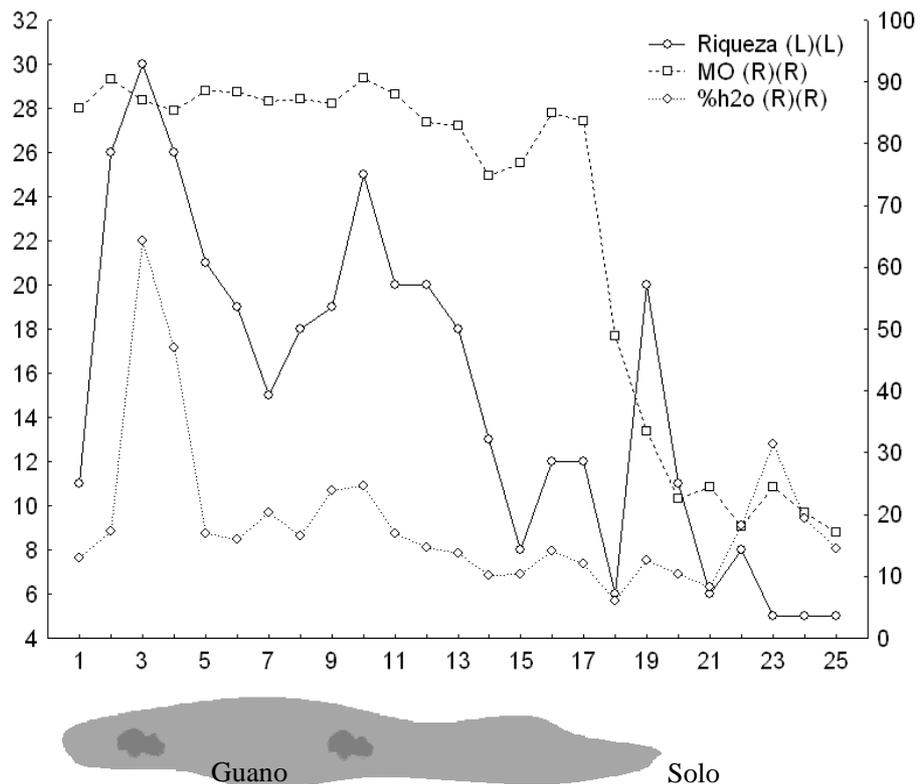


Figura 3 Gráfico representando a porcentagem de matéria orgânica, umidade e riqueza da comunidade de invertebrados em um gradiente de transição do guano para o solo. As manchas mais escuras no depósito de guano representam os locais de deposição atual – Lapa Nova – 2009.

Fonte: Pellegrini (2011)

A análise de *n-MDS* (utilizando-se o índice de Jaccard – stress correspondente a 0,16), evidenciou a que os pontos localizados na interface do guano com o solo se posicionam em situação intermediária entre o guano e o solo, ainda que possuam uma maior similaridade com o guano. Já os pontos do

guano e do solo mostraram-se altamente dissimilares (Figura 4). As diferenças entre os grupos analisados pelo índice de Jaccard foram significativas pela análise de ANOSIM ($p < 0,05$).

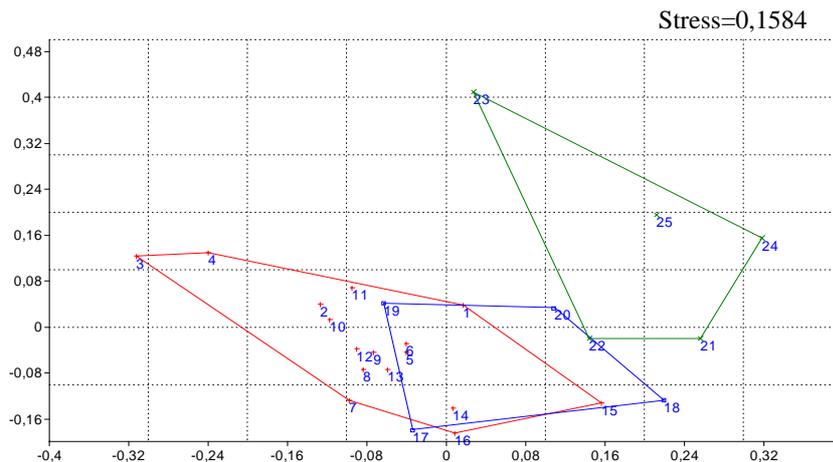


Figura 4 Escalonamento multidimensional (n-MDS) dos diferentes pontos inseridos em: vermelho no guano (1-16), azul na interface do guano com o solo (17-20) e verde no solo (21-25). Similaridade quantitativa de Jaccard. Fonte: Pellegrini (2011)

De acordo com a análise de SIMPER, as espécies que mais contribuíram para as dissimilaridades apresentadas entre os pontos foram: *Tarsonemus* sp, responsável por aproximadamente 36,5% de tais diferenças; seguida por *Lorrya* sp, com cerca de 17,2%; *Cheyletus* sp com 8,9%; Oribatida sp2 com 6,2% e *Tyruphagus* sp com 5,7% (Tabela 1). Estas espécies responderam, conjuntamente, por mais de 80% das diferenças de similaridade apresentadas entre os pontos amostrados. Além disso, todas as espécies listadas anteriormente apresentaram um decréscimo em sua abundância na área de interface do guano com o solo e um decréscimo ainda mais pronunciado na área de predominância de solo.

Tabela 2 Análise de SIMPER. Espécies que contribuíram para as diferenças apresentadas nos pontos do guano, da interface do guano com o solo e do solo – Lapa Nova – 2009.

Taxon	Contribution	Cumulative %	Guano	Interface	Solo
<i>Tarsonemus</i> sp	36,53	41,21	3.888	529	100
<i>Lorrya</i> sp	17,2	60,61	2.184	30,3	1
<i>Cheyletus</i> sp	8,965	70,72	366	227	2,6
Oribatida sp2	6,199	77,72	1.121	0,25	0,6
<i>Tyrophagus</i> sp	5,752	84,21	198	178	6
Scutacharidae sp	2,649	87,19	129	111	26,6
Uropodina sp2	1,534	88,92	340	0	0
Oribatida sp1	1,319	90,41	169	2,25	0,2
Histiostomatidae sp	1,171	91,73	254	0	0
Eupodidae sp	1,132	93,01	109	11,8	0,6
Stigmaeidae sp	0,8882	94,01	61,1	9,25	23,4
Rhodacaridae sp1	0,7389	94,85	63,3	1,25	0
<i>Androlaelaps</i> sp	0,6765	95,61	65,1	0,5	0,2
Dinychidae sp	0,5193	96,19	88,3	0	0,2
<i>Proctolaelaps</i> sp	0,484	96,74	100	0	0
<i>Stratiolaelaps</i> sp	0,3545	97,14	49,9	0	0

Fonte: Pellegrini (2011)

A riqueza de espécies mostrou-se correlacionada à quantidade total de fósforo e umidade apresentada no meio ($r^2=0,68$; $p=0.001$) (Figura 5), sendo relacionada negativamente com o fósforo e positivamente com a umidade. Somente a umidade explicou significativamente a variação de diversidade entre os pontos ($r^2=0,57$; $p=0.001$) (Figura 6).

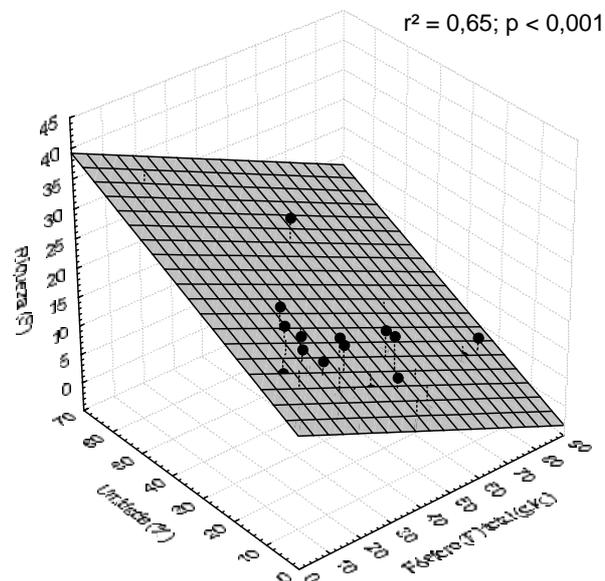


Figura 5 Gráfico representando a correlação da riqueza (S) com os parâmetros umidade e fósforo – Lapa Nova – 2009.

Fonte: Pellegrini (2011)

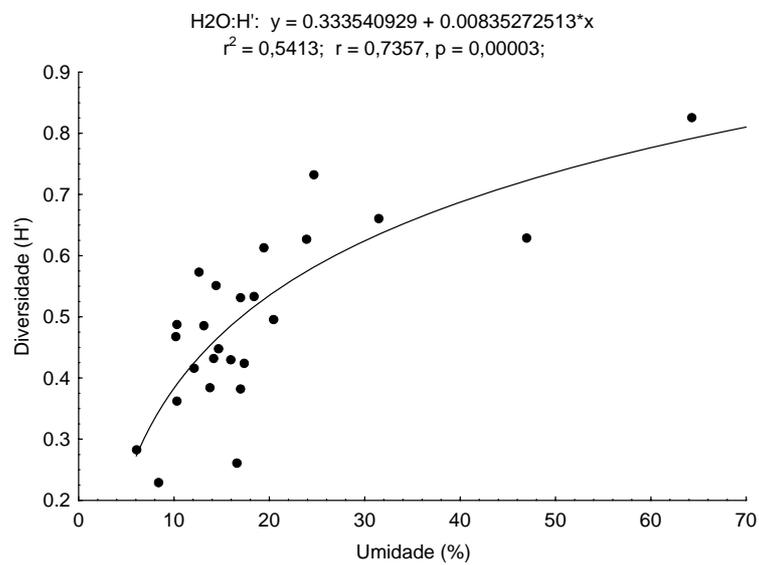


Figura 6 Gráfico representando a correlação da diversidade (H') com a umidade – Lapa Nova – 2009.

Fonte: Pellegrini (2011)

Não foram observadas correlações significativas entre o pH e os parâmetros bióticos. No entanto, percebe-se uma que os maiores desvios dos valores de equitabilidade em relação à média são encontrados em pontos de pH superiores a 6,5 (Figura 7).

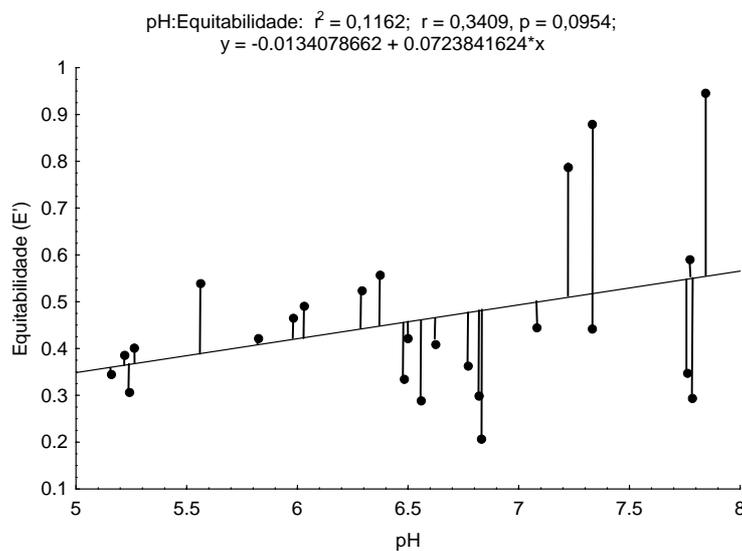


Figura 7 Correlações entre a Equitabilidade e pH de todos os pontos amostrados no guano – Lapa Nova – 2009.

Fonte: Pellegrini (2011)

A matriz de correlação dos parâmetros abióticos evidenciou que a matéria orgânica e o nitrogênio são altamente correlacionados (Tabela 2). Portanto, para as Análises de Correlação Canônica (CCA) optou-se por excluir a matéria orgânica, devido ao fato desse parâmetro não possuir distribuição normal. Nitrogênio, fósforo, matéria orgânica e pH também são correlacionados entre si, porém com uma menor intensidade. Somente a umidade não se correlacionou com nenhum dos parâmetros analisados.

Tabela 2 Matriz de correlações realizada entre os parâmetros abióticos do guano, correlações marcadas em negrito são significativamente correlacionadas $p < 0,05$ – Lapa Nova – 2009.

MATRIZ DE CORRELAÇÕES					
	N	P	MO	pH	Umidade
N	1,00	-0,68	0,96	-0,64	0,32
P	-0,68	1,00	-0,66	0,42	-0,05
MO	0,96	-0,66	1,00	-0,73	0,21
pH	-0,64	0,45	-0,73	1,00	0,11
Umidade	0,32	-0,05	0,21	0,11	1,00

Fonte: Pellegrini (2011)

As análises de CCA revelaram relações significativas entre as espécies mais abundantes e mais bem distribuídas com as variáveis abióticas ($p=0,001$). Os dois eixos do CCA explicaram, juntos, 42,0% da variação da abundância de espécies e de variáveis ambientais (Figura 8; tabela 3). Somente o eixo1 explicou 33,3% da variância e este eixo foi determinado principalmente pela umidade. Os valores de abundância da maioria das espécies estão relacionados à diferenças de umidade. No segundo eixo, nitrogênio, fósforo e pH preferencialmente explicaram as variações na abundância das espécies em análise. No entanto, o peso desses parâmetros abióticos foi baixo (8,7%).

Tabela 3 Resultados das Análises de Correlação Canônica (CCA) de abundância de espécies de ácaros e variáveis ambientais – Lapa Nova – 2009.

Variáveis/Eixos	1	2	3
Nitrogênio	-0,137	-0,366	-0,126
Fósforo	-0,018	-0,384	-0,137
pH	0,020	-0,361	0,153
Umidade	0,949	0,166	0,057
Eixos			
Eigenvalue	0.828	0.216	0.106
Percentual de variação acumulativa	33,3	42,0	46,2
Correlação de espécies/variáveis (Pearson)	0,991	0,775	0,629

Fonte: Pellegrini (2011)

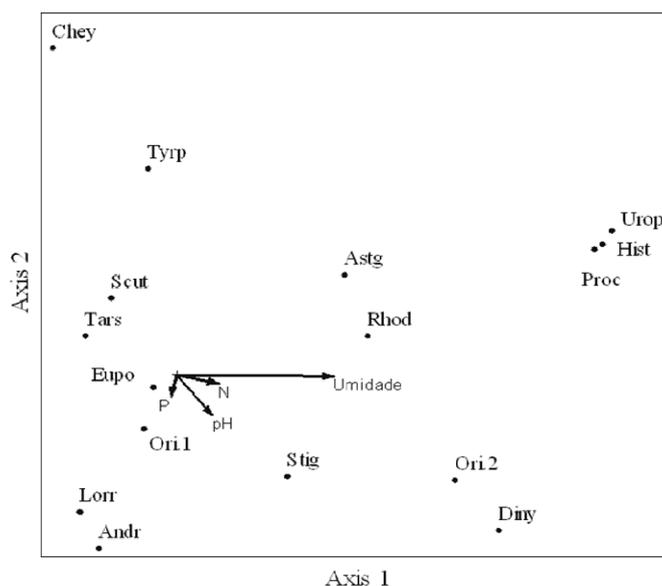


Figura 8 Padrão de distribuição de espécies em função das variáveis ambientais, baseado na ordenação por análises de correlação canônica: (Andr = *Androlaelaps* sp; Astg = Astigmata sp 1; Chey = *Cheyletus* sp; Lorr = *Lorryia* sp; Ori.2 = Oribatida sp 2; Scut = Scutacaridae sp; Tars = *Tarsonemus* sp; Tyrp = *Tyrophagus* sp; Diny = Dinychidae sp; Eupo = Eupodidae sp; Hist = Histiostomatidae sp; Ori.1 = Oribatida sp1; Proc = *Proctolaelaps* sp; Rhod = Rhodacaridae sp 1; Stig = Stigmaeidae sp; Urop = Uropodina sp 2) – Lapa Nova – 2009.

Fonte: Pellegrini (2011)

A matriz de correlações construída a partir dos parâmetros abióticos e das espécies mais abundantes e bem distribuídas ao longo de todo o depósito confirmou que a umidade é o fator que mais influencia na abundância das espécies. Tal parâmetro se correlacionou positivamente com *Astigmata* sp.1, *Oribatida* sp.2, *Histiostomatidae* sp., *Proctolaelaps* sp., *Rhodacaridae* sp., *Stigmaeidae* sp. e *Uropodina* sp.2, todos altamente significativos ($p < 0,001$). O nitrogênio se correlacionou positivamente com *Tarsonemus* sp. e *Rhodacaridae* sp.1 ($p < 0,05$). Por fim, o fósforo e o pH se correlacionaram negativamente com *Scutacharidae* sp. e *Cheyletus* sp. respectivamente ($p < 0,05$).

A representação da teia trófica foi elaborada para as espécies mais abundantes do depósito e mostra as diferentes relações estabelecidas entre estas espécies. Como esperado, as espécies detritívoras generalistas apresentam-se muito mais abundantes que as predadoras. Além disso, merece destaque o fato das espécies predadoras mais abundantes ocorrerem cada qual em uma condição distinta do depósito (Figura 9).

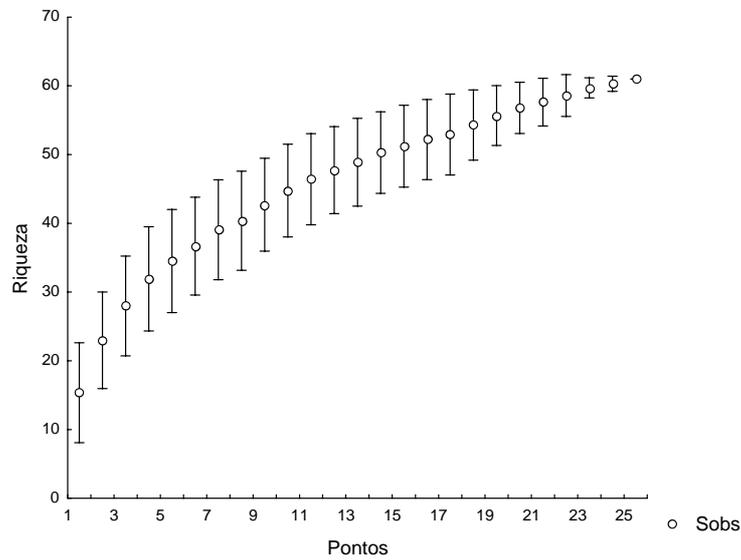


Figura 10 Simulação da riqueza acumulativa observada, \pm desvio padrão, para o depósito de guano – Lapa Nova – 2009.

Fonte: Pellegrini (2011)

Os gráficos gerados a partir das simulações de “*singletons*”, “*doubletons*”, “*uniques*” e “*duplicates*” permitem inferir que não foi possível esgotar as possibilidades de ocorrência de espécies raras no depósito de guano e suas adjacências (Figura 11 e 12). Seria necessário um maior número de pontos amostrados para se estabilizar a curva e aumentar as chances de se encontrar as espécies raras.

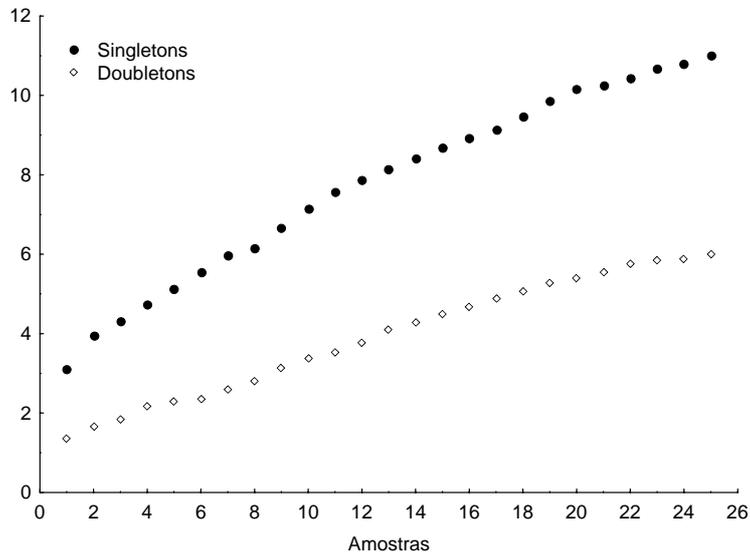


Figura 11 Simulação da ocorrência de espécies raras, “*singletons*” e “*doubletons*” para o guano amostrado – Lapa Nova – 2009.
Fonte: Pellegrini (2011)

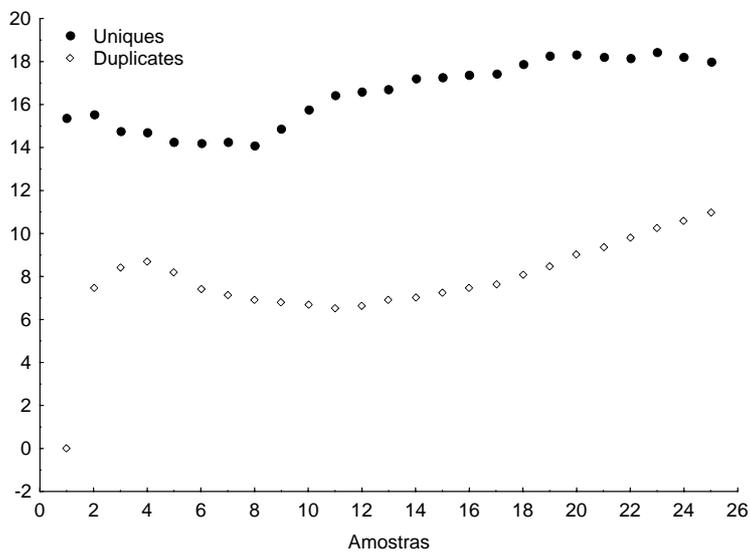


Figura 12 Simulação da ocorrência de espécies raras, “*uniques*” e “*duplicates*” para o guano amostrado – Lapa Nova – 2009.
Fonte: Pellegrini (2011)

DISCUSSÃO

A grande abundância e riqueza de ácaros observada no depósito de Lapa Nova corroboram com as informações geradas por diversos trabalhos, onde a subclasse Acari foi a mais encontrada (Poulson, 1972; Herreira *et al.*, 1995; Ferreira & Pompeu, 1997; Ferreira & Martins, 1999; Ferreira *et al.*, 2000; Webster & Whitaker, 2005; Moulds, 2004). Alguns ácaros guanófilos são tão abundantes, que suas populações têm sido estimadas na ordem de alguns milhões de indivíduos por metro quadrado (Romero, 2009). Dentre os táxons de ácaros mais frequentemente encontrados nos depósitos de guano do Brasil pode-se citar Acarida, Actinedida, Oribatida e Gamasina, nesta última, inclui-se as famílias Macrochelidae, Phytoseiidae, Rhodacaridae e Uropodidae (Gnaspini & Trajano, 2000). No guano de Lapa Nova, além dos táxons listados acima, excetuando-se os Actinedida, foram observados ainda: Tryginaspida, Endeostigmata e Prostigmata. Uma das espécies (da família Tryginaspidae) teve apenas um espécime encontrado. Representantes dessa família possuem hábitos foréticos, sendo que este organismo provavelmente se despreendeu e caiu acidentalmente no depósito de guano.

Interface guano-solo

Até o presente momento não existem estudos na literatura que abordem a interface do guano com o solo. Os dados gerados sugerem que a comunidade apresenta uma clara preferência por associar-se ao depósito de guano. Ferreira & Martins (2001) agruparam as comunidades cavernícolas terrestres segundo sua distribuição espacial e dependência de recursos alimentares. Na zona hipógea estão presentes as comunidades recurso-espaco-dependentes e as recurso-espaco-independentes. Em regiões de entrada, encontram-se as comunidades para-epígeas. Segundo os mesmos autores, nas comunidades recurso-espaco-

dependentes, os organismos são em geral de tamanho reduzido (alguns poucos milímetros), são de pouca mobilidade e de ocorrência preferencial junto ao recurso (como manchas de guano e troncos em decomposição). Portanto, a comunidade associada ao guano de Lapa Nova é claramente recurso-espaço-dependente, confirmado pelo gradiente da abundância de algumas espécies que diminui à medida que o guano se torna mais escasso.

Outro aspecto que pôde ser observado a partir da figura 3 foi um aumento na riqueza de espécies na região de interface do guano com o solo. Esse pico de riqueza apresentado no ponto 19 pode ser atribuído à preferência de algumas espécies por um pH intermediário, como foi indicado pela regressão múltipla e proposto por Ferreira e colaboradores (2000). Além disso, o fato de existir uma abundância bem menor de diversas espécies nesta região de interface, pode permitir a colonização por algumas espécies com menor força de competição, tendo em vista que este ponto ainda disponibiliza, ainda que em menor quantidade, o recurso alimentar na forma de guano.

Relações entre a fauna e parâmetros físico-químicos

O ambiente em um depósito de guano é extremamente variável, consistindo de inúmeros micro-habitats, quando comparado com a maioria dos ambientes subterrâneos (Harris, 1970). Os diferentes micro-habitats existentes proporcionam a existência de comunidades zoológicas distintas em diferentes estágios sucessionais (Decu, 1986).

Parâmetros físicos e químicos do guano variam com o tempo. A umidade de um depósito sofre mudanças devido à dissecação sofrida à medida que este envelhece, resultando em micro-habitats notavelmente diferentes (Decu, 1986). O guano mais recentemente depositado, portanto mais úmido, apresenta um número maior de ectoparasitas e espécies colonizadoras quando comparado

com o guano mais velho e seco, que normalmente apresenta uma predominância de espécies saprófagas (Poulson, 1972).

O gráfico representativo do gradiente do guano para o solo mostrou que existem dois picos de umidade coincidentes com os pontos de guano mais recentemente depositados. Entretanto, existe um terceiro pico de umidade, este coincide com o local de grande predominância de solo, onde não há deposição de guano. De acordo Ferreira e colaboradores (2000), depósitos de guano não são sistemas completamente fechados. Sendo assim, suas características físico-químicas podem ser afetadas por diferentes agentes como água de percolação, escorrimentos, sedimentação, dentre outros. Dessa forma, pode-se inferir que esse súbito aumento na umidade pode ter ocorrido em função de algum desses processos.

A umidade influenciou a riqueza e diversidade da comunidade associada ao guano na caverna Morrinho, na Bahia (Ferreira *et al.*, 2007) e também em uma *Bat cave* denominada Naracoorte na Austrália (Moulds, 2006). Os dados de Lapa Nova corroboram com as informações da literatura, onde o teor de umidade está positivamente correlacionado à riqueza de espécies e apresenta uma relação linear com a diversidade.

Análises CCA mostraram que a umidade é um importante fator na distribuição das populações, visto que sete das 16 morfoespécies analisadas se correlacionaram positivamente com este parâmetro. Entretanto, são precárias as informações da literatura que avaliam a interferência desse fator ambiental em diferentes grupos de ácaros associados a este recurso. Dentre os organismos que apresentaram correlação com a umidade, apenas os Astigmata, Histiostomatidae e Oribatida possuem informações concernentes às suas preferências.

Os Astigmata possuem hábitos variados. Muitos organismos deste grupo são foréticos, sendo que algumas linhagens evoluíram para hábitos totalmente livres (O'Connor, 1982). Infelizmente, a identificação ao nível de cohort da

morfoespécie *Astigmata* sp.1 impossibilita a discussão sobre a sua preferência por ambientes mais úmidos, como observado no guano de Lapa Nova. Por outro lado, outro *Astigmata* encontrado pertence à família *Histiostomatidae*. Estes são organismos filtradores e exploram ambientes ricos em microrganismos, ocorrendo normalmente em lâminas d'água e locais de elevada umidade (O'Connor, 1982). A distribuição desta espécie em Lapa Nova teve alta correlação positiva com o teor de umidade da amostra, corroborando com os dados presentes na literatura.

Os oribatídeos são organismos de solo que contribuem para a decomposição de material vegetal, aumentando a superfície de contato desse material com microrganismos, facilitando sua atividade (Manu & Honciuc, 2010). Tais organismos provavelmente desempenham o mesmo papel em depósitos de guano. De acordo com os autores anteriormente citados, a umidade do solo tem forte influência na distribuição de diferentes espécies de oribatídeos. No guano de Lapa Nova, a morfoespécie *Oribatida* sp2 teve uma correlação significativa e positiva com a porcentagem de umidade apresentada nos pontos, corroborando com o predito por Manu & Honciuc (2010).

Poucos são os estudos que avaliam as interferências da concentração de nitrogênio e fósforo nas comunidades associadas ao guano. Emerson e Roark (2007) avaliaram as concentrações destes elementos em diferentes tipos de guano (frugívoros, insetívoros e hematófagos). O nitrogênio apresentou, em ordem decrescente, maiores concentrações no guano de morcegos hematófagos, insetívoros e frugívoros. O fósforo, por sua vez, tende a ser mais abundante em guano de morcegos insetívoros, seguido pelo de frugívoros e o de hematófagos. Em valores absolutos, a concentração de nitrogênio no guano se apresentou muito maior do que a de fósforo. Entretanto, os referidos autores não correlacionaram tais concentrações com a "idade" do guano e nem mesmo com a comunidade de invertebrados associadas aos depósitos. Um trabalho com guano

de andorinhões na Venezuela (Herrera, 1995), revelou que as altas concentrações de nitrogênio e fósforo no guano, quando comparadas às de outros substratos (organossolos e solos mineralizados) é favorável à existência de comunidades de artrópodes.

O percentual de nitrogênio no guano de Lapa Nova foi maior em áreas onde o guano é mais fresco e abundante, diminuindo quando o solo é mais abundante. Depósitos de guano com altos teores de matéria orgânica são potencialmente mantenedores de comunidades ricas e diversificadas (Ferreira et al, 2000; Ferreira et al, 2007). Entretanto, o presente estudo apresentou um panorama diferente, visto que o percentual de matéria orgânica não se correlacionou com nenhuma das variáveis abióticas analisadas. O mesmo resultado foi encontrado por Bahia & Ferreira (2005) na Gruta Mil Pérolas (Sete Lagoas, MG). No caso da Gruta Mil pérolas, a explicação dada pelos autores se baseia na posição dos depósitos, que se encontram distribuídos por toda a cavidade. Os depósitos mais próximos à entrada são continuamente lavados por enxurradas (possuindo baixos teores de matéria orgânica), mas são justamente esses que possibilitam uma maior velocidade de colonização por novos organismos provenientes do meio epígeo. De forma contrária, os depósitos situados nas áreas mais distantes da entrada foram os que possuíram os maiores teores de matéria orgânica. Portanto, no caso dessa gruta, depósitos com maiores teores de matéria orgânica podem ser mais atrativos para os invertebrados, mas este fator pode ter sido “mascarado” pela maior viabilidade de colonização dos depósitos próximos à entrada.

O grande depósito presente em Lapa Nova, no entanto, não se aplica a estas argumentações. Todos os trabalhos listados anteriormente foram realizados em depósitos pequenos, diferentemente do depósito deste estudo. Além disso, tais estudos compararam comunidades “isoladas” em cada depósito, considerando cada mancha de guano como habitat de uma comunidade distinta.

Os pontos coletados neste trabalho somente amostraram “condições” de uma grande comunidade. Decu (1986) afirmou que em depósitos muito extensos, a velocidade de deposição é maior do que a velocidade de consumo. Sendo assim, a disponibilidade de recurso, na forma de matéria orgânica, não é um fator limitante. Além disso, o fato das populações deste estudo terem apresentado distribuição espacial aleatória ou agregada, permitem inferir que outros fatores (que não a matéria orgânica), tem grande importância na determinação da distribuição espacial de muitas espécies. Por outro lado, o teor de matéria orgânica se mostrou um bom indicador do gradiente de transição do guano para o solo, coincidindo seus teores máximos com os locais onde há guano, havendo uma queda vertiginosa na área de transição do guano para o solo.

As variações no pH podem ser extremas, resultando em uma forte diferenciação entre o guano mais fresco e o mais antigo (Herrera, 1995; Ferreira & Martins, 1999; Gnaspini & Trajano, 2001; Moulds, 2003). Os valores obtidos em Lapa Nova corroboram com as constatações de Hutchinson (1950), de que o guano mais fresco é alcalino e posteriormente vai se acidificando devido à sua fermentação amoníaca. Os pontos mais afastados, que apresentaram uma acidez ainda mais elevada, correspondem aos locais onde o recurso se torna cada vez mais escasso, havendo maior concentração de solo. Provavelmente, a acidez conferida a estes locais se deve, em maior parte, às propriedades do solo em análise.

A variação do pH não apresentou uma relação linear com as variáveis ambientais (riqueza, diversidade e equitabilidade), de forma similar ao observado na caverna Mil Pérolas, localizada em Sete Lagoas (Bahia & Ferreira, 2005). Ferreira e colaboradores (2000) constataram que, provavelmente, esta ausência de correlação se deve às diferentes tolerâncias exibidas pelos invertebrados às variações de pH. Entretanto, riqueza de espécies mostra-se maior em depósitos de pH intermediário. Esta relação foi observada na caverna

Lavoura (Ferreira *et al*, 2000), Morrinho (Ferreira *et al*, 2007) e também na *Bat cave* Naracoorte da Austrália (Moulds, 2006). No caso de Lapa Nova, por outro lado, a diversidade e equitabilidade foram maiores em pontos mais alcalinos, mesmo padrão observado na gruta do Morrinho (Ferreira *et al*, 2007).

Interações entre espécies

Muitos autores procuram estabelecer teias tróficas em comunidades de invertebrados associadas a depósitos de guano, tendo como base o conhecimento da biologia de cada grupo (Bernath & Kunz, 1981; Braack, 1989; Whitaker *et al*, 1991; Ferreira & Martins, 1999; Gnaspini & Trajano, 2000; Webster & Whitaker, 2005). A teia proposta neste trabalho, além de reunir informações da literatura sobre as preferências alimentares de cada grupo, foi baseada ainda em dados estatísticos (correlações entre grupos significativas ($p < 0,05$) e preferência por substratos) para se confirmar tais relações.

Androlaelaps sp., que é uma espécie predadora (Freire, 2007), apresentou preferência por micro-habitats com maior concentração de fósforo, tendo apresentado alta correlação com *Lorrya* sp. Esta, por sua vez, é uma espécie micófaga (Krantz, 2009). Sua abundância populacional se mostrou bastante superior à de *Androlaelaps* sp. no guano de Lapa Nova. Estas espécies, possivelmente, possuem interação de predador-presa.

Rodacharidae sp.1 compreende outra espécie predadora (Silva, 2002; Koehler, 1999). Os dados do CCA indicaram sua preferência por locais mais úmidos, juntamente com Astigmata sp1, com o qual possui alta correlação. Os Astigmata sp1 observados compreenderam uma forma de hypopus, que não se alimentam (são desprovidos de aparelho bucal). Acredita-se, pois, que Rodacharidae sp1 e Astigmata sp1 possuem uma interação de predador-presa. Além disso, Rodacharidae sp1 pode ainda ser predador de Oribatida sp2.

Entretanto, esse oribatídeo, aparentemente possui preferência por micro-habitats distintos aos de Rodacharidae sp1.

Histiostomatidae sp1 possuem alta dependência por locais úmidos, tendo em vista que são organismos filtradores de fungos e bactérias (Krantz, 2009). *Proctolaelaps* sp. é um predador, e muitos estudos envolvendo membros deste gênero são relativos à seu hábito de sobrevivência em cascas de coco (Lawson-Balagbo *et al*, 2008; Galvão *et al*, 2011). Tais estudos demonstram que estas espécies não possuem dependência por locais úmidos, como apresentados na análise de CCA para o depósito de Lapa Nova. Portanto, o aparecimento de *Proctolaelaps* sp. em locais úmidos, coincidindo com Histiostomatidae, permite inferir que ambos provavelmente possuem uma forte interação de predador-presa. Uropodina sp2 é correlacionado com Histiostomatidae sp1, com preferência por lugares úmidos. Membros da cohort Uropodina podem ser importantes predadores de solo, comendo nematóides e pequenos invertebrados (Koehler, 1999). Portanto, provavelmente esta espécie também exibe uma relação de predador-presa com Histiostomatidae sp1.

Outro provável conjunto de interação predador-presa corresponde ao par Dinychidae sp1 e Oribatida sp2. Ambos são significativamente correlacionados e possuem preferência por locais mais úmidos. Dinychidae sp1 é um predador (Krantz, 2009), podendo alimentar-se de Oribatida sp2. Infelizmente, pouco se conhece sobre os hábitos alimentares de oribatídeos.

Eupodidae sp.1 também compreende uma espécie preddadora (Krantz, 2009). Tais organismos ocupam o mesmo hábitat de Oribatida sp1, sendo que a distribuição destas duas espécies é altamente correlacionada. Entretanto, o tamanho reduzido do predador, aliado ao fato dos oribatídeos serem organismos fortemente esclerificados, dificultam, neste caso a interação de predador-presa.

Cheyletus sp. constitui-se de um predador voraz (Zd'arkova, 1986). Desta forma, ainda que não tenha se correlacionado com nenhuma das espécies

em análise, possivelmente possui interação de predação com *Tyrophagus* sp. e *Tarsonemus* sp. As duas últimas, por sua vez, são espécies de corpo pouco esclerificado, sendo a primeira detritívora e a segunda micófaga (Krantz, 2009).

Concomitantemente ao *Cheyletus* sp, Eupodidae sp1 também pode ser predador de *Tarsonemus* sp. Esta última possui o maior tamanho populacional registrado nos 25 pontos amostrados, e provavelmente é consumida por mais de uma espécie predadora. Por fim, estes predadores podem compartilhar ainda uma segunda presa, Scutacharidae sp1, que é micófago (Krantz, 2009) e ocupa micro-habitats intermediários entre Eupodidae sp1 e *Cheyletus* sp.

Não foi possível inferir nenhum tipo de interação de Stigmaeidae sp1, que é um grande predador (Krantz, 2009). Organismos desta espécie ocuparam microhabitats distintos da maioria das espécies analisadas. Reitera-se, entretanto, que a análise foi realizada considerando-se somente as espécies mais abundantes. Desta forma, provavelmente, este predador se alimenta de outros ácaros de menor abundância e que ocupavam os mesmos micro-habitats.

A riqueza de espécies do depósito de guano de Lapa Nova apresentou valores elevados quando comparada à de outros depósitos (Ferreira *et al*, 2000; Bahia & Ferreira, 2005; Webster & Whitaker, 2005; Ferreira *et al*, 2007). Entretanto, a curva do coletor gerada a partir dos 25 pontos amostrados mostra que quase 80% da riqueza de espécies foi alcançadas pela metodologia empregada. Assim, a presente amostragem não foi suficiente para coletar eficientemente todas as espécies raras. Portanto, para a coleta eficiente de todos os componentes da comunidade de um grande depósito como o presente em Lapa Nova, seria necessária uma amostragem mais eficaz, realizada com a incorporação de mais pontos.

Estudos de comunidade de invertebrados associados a depósitos de guano como este, nos fornecem uma grande variedade de informações inéditas, dados os poucos estudos existentes na área. Populações associadas a este recurso

revelam uma alta associação com padrões físico-químicos do guano, havendo preferências de cada grupo taxonômico por micro-habitats específicos. Tais comunidades revelam ainda um arranjo complexo de relações interespecíficas, mas ainda sim, simples, quando comparadas com outras comunidades. Sendo assim, essas comunidades relativamente pequenas, fornecem uma importante ferramenta de estudos ecológicos para se compreender o funcionamento de comunidades pequenas.

AGRADECIMENTOS

Aos colegas de trabalho Érika Linzi S. Taylor, Maysa Fernanda V. R. Souza, Marconi Souza Silva, pelo auxílio em campo. Aos colegas Daniele C. Pompeu e Marcela Alves, pelo auxílio na triagem do material. Ao professor Paulo dos Santos Pompeu, pelo auxílio nas análises estatísticas. Em especial pesquisador Leopoldo F. O. Bernardi, pela ajuda e ensinamentos no que diz respeito à identificação e biologia de ácaros. Por fim, ao pesquisador Rodrigo Lopes Ferreira, pelo auxílio nas análises dos dados e co-autoria do trabalho.

REFERÊNCIAS

Auler A. S., Rubbioli E. & Brandi R. (2001). *As grandes cavernas do Brasil*. Grupo Bambuí de Pesquisas Espelológicas, Belo Horizonte, 277p.

Bahia G. R. & Ferreira R.L. (2005) Influência das características físico-químicas e da matéria orgânica de depósitos recentes de guano de morcegos na riqueza e diversidade de invertebrados de uma caverna calcária. *Revista Brasileira de Zoociências* 7(1), 165-180.

Bernarth R. F. & Kunz T. H. (1981) Structure and dynamics of arthropod communities in bat guano deposits in buildings. *Canadian Journal of Zoology* 59, 260-270.

Braack L. E. O. (1989) Arthropod inhabitants of a tropical cave 'Island' environment provisioned by bats. *Biological Conservation* 48, 77-84.

Culver D. C. (1982) *Cave Life. Evolution and Ecology*. Harvard University Press, Cambridge, MA.

Decu V. (1986) Some considerations on the bat guano synusia. *Travail du Institut de Spéologie, Emile Racovitza* 25, 41-51.

Emerson J. K. & Roark A.M. (2007) Composition of guano produced by frugivorous, sanguivorous, and insectivorous bats. *Acta Chiropterologica* 9(1), 261-267.

Evans G. O. (1992) *Principles of Acarology*. New York. CAB International, Cambridge.

Ferreira R. L. & Martins R.P. (1998) Diversity of Spiders Associated with Bat Guano Piles in Morrinho Cave (Bahia State, Brazil). *Diversity and Distributions* 4, 235-241.

Ferreira R.L. & Martins R.P. (1999) Guano de morcegos: fonte de vida em cavernas. *Ciência Hoje* 25(146), 34-40.

Ferreira R. L. & Pompeu P. S. (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., Martins R. P. & Yanega D. (2000) Ecology of bat guano arthropod communities in a brazilian dry cave. *Ecotropica* 6(2), 105-116.

Ferreira R. L. & Martins R. P. (2001) Cavernas em risco de “extinção”. *Ciência Hoje* 29, 20-28.

Ferreira R. L., Prous X. & Martins R. P. (2007) Structure of bat guano communities in a dry Brazilian cave. *Tropical Zoology* 20, 55-74.

Freire R. A. P. (2007) Ácaros predadores do Estado de São Paulo, com ênfase em Laelapidae (Acari: Mesostigmata), com potencial de uso no controle de pragas de solo. Tese de Doutorado em Entomologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, SP.

Galvão A. S., Gondim M. G. Jr. & Moraes G. J. (2011) Life history of *Proctolaelaps bulbosus* feeding on the coconut mite *Aceria guerreronis* and other possible food types occurring on coconut fruits. *Experimental and Applied Acarology* 53(3), 245-252.

Gnaspini P. & Trajano E. (2000) Guano communities in tropical caves. Case study: Brazilian caves, p. 251-268. In: *Ecosystems of the world: subterranean ecosystems* (eds Wilkens H. et al.); Amsterdam: Elsevier Science.

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.

Hamilton-Smith E. (1967) The arthropoda of australian caves. *Journal of the Australian Entomological Society* 6, 103-118.

Harris J. A. (1970) Bat-guano cave environment. *Science* 90, 160-162.

Herrera F. F. (1995) Las comunidades de artropodos Del guano de guacharos en la Cueva del Guacharo, Venezuela. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología* 29, 39-46.

Hutchinson P. (1950) Vertebrate excretion (cave guano). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 96, 381-485.

Koehler H. H. (1999) Predatory mites (Gamasina, Mesostigmata). *Agricultural, Ecosystems and Environment* 74, 395–410.

Krantz G. W. & Walter D. E. A. (2009) *Manual of Acarology*. 3rd Edition. Texas Tech University Press Lubbock. 807 p.

Lawson-Balagbo L. N., Gondim Jr. M. G. C., Moraes G. J., Hanna R. & Schuauberger P. (2008) Compatibility of *Neoseiulus paspalivorus* and *Proctolaelaps bickleyi*, candidate biocontrol agents of the coconut mite *Aceria guerreronis*: spacial niche use and intraguild predation. *Experimental and Applied Acarology* 45, 1-13.

Magurran A. (1988) *Ecological diversity and its measurement*. Cambridge: British Library, 177p.

Manu M. & Honciuc V. (2010) Rank correlations at the level of soil mites (Acari: Gamasida; Oribatida) from central parks of Bucharest City, Romania. *Acta Entomologica* 15(1), 129-140.

Moulds T. A. (2003) *Arthropod ecology of Bat Cave, Naracoorte, South Australia*. Proceedings of the 24th Biennial Conference of the Australian Speleological Federation, Bunbury WA, Australian Speleological Federation.

Moulds T. A. (2004) Review of Australian Cave Guano Ecosystems with a Checklist of Guano Invertebrates. *Proceedings of the Linnean Society of New South Wales* 125, 1-42.

Moulds T. A. (2006) *The seasonality, diversity and ecology of cavernicolous guano dependent arthropod ecosystems in southern Australia*. Tese de

Doutorado em Environmental Biology, School of Earth and Environmental Sciences, The University of Adelaide, Adelaide, Australia.

O'Connor B. M. (1982) Evolutionary ecology of Astigmatid mites. *Annual Review of Entomology* 27, 385-409.

Poulson T. L. (1972) Bat guano ecosystems. *Bulletin of the National Speleological Society* 34, 55-59.

Romero A. (2009) *Cave Biology*. Cambridge University Press, New York, 319p.

da Silva C. A. D. (2002) Biology and thermal requirement of *Tetranychus ludeni* Zacher on cotton leaves. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 37, 573-580.

Whitaker Jr. J. O., Clem P. & Munsee J. R. (1991) Trophic Structure of the Community in the Guano of the Evening Bat *Nycticeius humeralis* in Indiana. *The American Midland Naturalist* 126, 392-398.

Webster J. M. & Whitaker Jr. J. O. (2005) Study of Guano Communities of Big Brown Bat Colonies in Indiana and Neighboring Illinois Counties. *Northeastern Naturalist* 12(2), 221-232.

Zd'Arková E. (1986) Mass rearing of the predator *Cheyletus eruditus* (Schrank) (Acarina: Cheyletidae) for biological control of acarid mites infesting stored products. *Crop Protection* 5(2), 122-124.

APÊNDICE 1- Lista das morfoespécies da subordem Acari encontrados (pontos 1 – 12) – Lapa Nova – 2009.

Ordem	Morfoespécies	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Meso	Ameroseidae (<i>Ameroseius</i> sp)	0	23	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0
Meso	Ascidae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meso	Digamaselidae sp.	0	0	634	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meso	Laelapidae (<i>Androlaelaps</i> sp)	2	10	4	0	56	46	22	452	211	1	152	40
Meso	Laelapidae (<i>Stratiolaelaps</i> sp)	0	0	44	408	0	0	0	0	0	285	47	14
Meso	Macrochelidae (<i>Macrocheles</i> sp)	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Meso	Melicharidae (<i>Proctolaelaps</i> sp)	0	0	1421	149	0	22	15	0	0	0	0	0
Meso	Rhodacaridae sp1	17	15	399	129	0	0	0	16	292	97	30	6
Meso	Rhodacaridae sp2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meso	Dinychidae sp.	7	2	407	974	4	4	0	6	2	2	0	1
Meso	Trematuridae sp.	0	0	323	87	0	0	0	0	0	0	0	0
Meso	Uropodina sp2	0	0	5100	330	0	0	0	1	0	0	0	0
Meso	Uropodina sp3	0	0	161	41	0	0	0	0	0	0	0	0
Meso	Uropodina sp5	0	0	262	174	3	0	0	0	0	0	0	0
Meso	Tryginaspidae (Tryginaspida sp)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Sarco	Nanorchestidae sp.	0	0	0	65	0	0	0	0	0	0	0	0
Sarco	Acaridae (<i>Tyrophagus</i> sp)	672	400	204	441	25	68	14	7	7	3	9	77
Sarco	Histiostomatidae sp.	0	0	3668	339	15	0	1	1	3	23	0	0
Sarco	Astigmata sp1	1	1	168	14	6	2	0	0	5	6	100	33

...“continua”...

APÊNDICE 1, conclusão

Ordem	Morfoespécies	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sarco	Astigmata sp2	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0
Sarco	Hypopus sp1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sarco	Hypopus sp2	2	0	37	79	1	0	0	0	0	0	27	0
Sarco	Cosmochthoniidae (<i>Cosmochthonius</i> sp)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Sarco	Sphaerochthoniidae (<i>Sphaerochthonius</i> sp)	0	0	0	0	1	8	71	7	59	5	0	3
Sarco	Oribatida jovem sp.	0	12	2	0	8	3	6	6	7	40	92	18
Sarco	Oribatida sp1	0	858	27	257	8	108	1	0	115	592	642	94
Sarco	Oribatida sp2	2	1647	5786	9370	166	30	0	8	12	137	614	153
Sarco	Oribatida sp3	0	4	0	0	0	0	20	8	27	406	28	3
Sarco	Oribatida sp4	0	1	231	362	0	0	0	0	0	3	39	0
Trom	Microdispidae sp.	0	25	1	0	0	0	1	0	0	151	0	1
Trom	Scutacharidae sp.	0	374	0	13	346	306	65	97	288	21	316	172
Trom	Tarsonemidae (<i>Tarsonemus</i> sp)	703	14355	36	42	12285	2160	1664	2401	1966	4725	6847	6717
Trom	Cheyletidae (<i>Cheyletus</i> sp)	53	8	0	0	265	2	43	4	1	0	0	374
Trom	Stigmaeidae sp.	0	44	114	302	0	0	0	0	0	514	3	1
Trom	Eupodidae sp.	0	1	5	0	0	0	0	0	0	1723	13	0
Trom	Tydaidae (<i>Lorryia</i> sp)	97	1165	0	4	6315	4930	1381	14274	181	769	1052	2327

Legenda: Meso = Mesostigmata; Sarco = Sarcoptiformes; Tromb = Trombidiformes.

Fonte: Pellegrini (2011)

APÊNDICE 2- Lista das morfoespécies da subordem Acari encontrados (pontos 13 – 25) – Lapa Nova – 2009.

Ordem	Morfoespécies	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Meso	Ameroseidae (<i>Ameroseius</i> sp)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meso	Ascidae sp.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meso	Digamaseidae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meso	Laelapidae (<i>Androlaelaps</i> sp)	41	3	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0
Meso	Laelapidae (<i>Stratiolaelaps</i> sp)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meso	Macrochelidae (<i>Macrocheles</i> sp)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meso	Melicharidae (<i>Proctolaelaps</i> sp)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meso	Rhodacaridae sp1	8	3	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
Meso	Rhodacaridae sp2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meso	Dinychidae sp.	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Meso	Trematuridae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meso	Uropodina sp2	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meso	Uropodina sp3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meso	Uropodina sp5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meso	Tryginaspidae (Tryginaspida sp)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sarco	Nanorchestidae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sarco	Acaridae (<i>Tyrophagus</i> sp)	14	1006	13	203	27	17	649	20	16	5	0	2	7
Sarco	Histiostomatidae sp.	1	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sarco	Astigmata sp1	24	2	0	2	3	0	1	0	0	0	0	0	0

...“continua”...

APÊNDICE 2, conclusão

Ordem	Morfoespécies	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Sarco	Astigmata sp2	114	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sarco	Hypopus sp1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sarco	Hypopus sp2	10	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sarco	Cosmochthoniidae (<i>Cosmochthonius</i> sp)	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Sarco	Sphaerochthoniidae (<i>Sphaerochthonius</i> sp)	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Sarco	Oribatida jovem sp.	1	0	0	0	1	0	31	0	0	12	0	0	0
Sarco	Oribatida sp1	0	0	0	0	0	0	6	3	0	0	0	1	0
Sarco	Oribatida sp2	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	1
Sarco	Oribatida sp3	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Sarco	Oribatida sp4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tromb	Microdispidae sp.	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0
Tromb	Scutacharidae sp.	23	41	0	1	1	0	277	164	0	133	0	0	0
Tromb	Tarsonemidae (<i>Tarsonemus</i> sp)	5045	2194	307	756	199	910	42	963	248	241	2	5	4
Tromb	Cheyletidae (<i>Cheyletus</i> sp)	670	78	502	3863	655	163	2	86	12	1	0	0	0
Tromb	Stigmaeidae sp.	0	0	0	0	0	0	21	16	0	117	0	0	0
Tromb	Eupodidae sp.	0	0	0	0	0	0	47	0	0	0	3	0	0
Tromb	Tydaidae (<i>Lorryia</i> sp)	706	428	186	1124	70	40	10	1	2	3	0	0	0

Legenda: Meso = Mesostigmata; Sarco = Sarcoptiformes; Tromb = Trombidiformes.

Fonte: Pellegrini (2011)

APÊNDICE 3 - Listas das morfoespécies (exeto Acari) encontradas – Lapa Nova – 2009

TÁXON	Morfoespécie	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ologochaeta	Haplotaxida sp. Sicariidae	0	0	146	0	0	0	0	0	0
Araneae	(<i>Loxosceles variegata</i>)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pseudoscorpiones	Chernetidae sp1	0	2	31	28	0	0	0	0	0
	Chernetidae sp3	0	0	0	0	1	0	1	0	0
	Chernetidae sp2	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Chernetidae sp4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Myriápoda	Geophilidae sp.	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Díptera	Cecidomyiidae sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Drosophilidae (<i>Drosophila</i> sp1)	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	Sciaridae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Larva de Díptera sp1	0	0	3	15	0	0	0	0	0
	Larva de Díptera sp2	0	3	0	0	1	0	0	0	0
Coleóptera	Coleoptera sp2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Histeridae sp.	0	2	0	0	12	18	2	4	6
	Larva de Coleoptera sp1	0	2	0	3	1	1	0	0	0
	Larva de Coleoptera sp2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Larva de tenebrionoidea sp1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
	Larva de tenebrionoidea sp2	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Collembola	Etomobryidae sp1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
	Etomobryidae sp2	0	0	35	0	0	0	0	0	0
Hymenoptera	Hymenoptera sp1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Hymenoptera sp2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lepdóptera	Larva de Lepidoptera sp.	1	113	11	63	0	3	0	2	4
	Larva tineidae sp.	0	0	70	120	0	0	0	0	0
Psocoptera	Psyllipsocidae sp.	0	16	0	0	5	9	62	1	1

...“continua”...

APÊNDICE 3, continua

TÁXON	Morfoespécie	10	11	12	13	14	15	16	17
Ologochaeta	Haplotaxida sp. Sicariidae	0	0	0	0	0	0	0	0
Araneae	(<i>Loxosceles variegata</i>)	0	0	0	0	0	0	0	0
Pseudoscorpiones	Chernetidae sp1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Chernetidae sp3	0	0	0	0	0	0	0	0
	Chernetidae sp2	0	0	0	0	0	0	0	1
	Chernetidae sp4	0	0	0	0	0	0	0	0
Myriápoda	Geophilidae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
Díptera	Cecidomyiidae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
	Drosophilidae (<i>Drosophila</i> sp1)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sciaridae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
	Larva de Díptera sp1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Larva de Díptera sp2	0	0	0	0	0	0	0	0
Coleóptera	Coleoptera sp2	0	0	0	0	0	0	0	0
	Histeridae sp.	10	25	28	5	0	2	0	0
	Larva de Coleoptera sp1	1	1	0	0	0	0	0	0
	Larva de Coleoptera sp2	0	0	0	0	0	0	0	1
	Larva de tenebrionoidea sp1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Larva de tenebrionoidea sp2	0	0	0	0	0	0	0	0
Collembola	Etomobryidae sp1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etomobryidae sp2	0	0	0	0	0	0	0	0
Hymenoptera	Hymenoptera sp1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Hymenoptera sp2	0	0	0	0	0	1	0	0
Lepdóptera	Larva de Lepidoptera sp	3	1	0	0	0	0	0	0
	Larva tineidae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
Psocoptera	Psyllipsocidae sp.	1	0	1	19	6	0	4	1

...“continua”...

APÊNDICE 3, conclusão

TÁXON	Morfoespécie	18	19	20	21	22	23	24	25
Ologochaeta	Haplotaxida sp. Sicariidae	0	0	0	0	0	0	0	0
Araneae	(<i>Loxosceles variegata</i>)	0	1	0	0	0	0	0	0
Pseudoscorpiones	Chernetidae sp1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Chernetidae sp3	2	0	0	0	0	0	0	0
	Chernetidae sp2	0	0	0	0	0	0	0	0
	Chernetidae sp4	0	0	1	0	0	0	0	0
Myriápoda	Geophilidae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
Díptera	Cecidomyiidae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
	Drosophilidae (<i>Drosophila</i> sp1)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sciaridae sp.	0	1	0	0	0	1	0	0
	Larva de Díptera sp1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Larva de Díptera sp2	0	0	0	0	0	0	0	0
Coleóptera	Coleoptera sp2	0	0	0	1	0	0	0	0
	Histeridae sp.	1	7	4	0	0	0	0	0
	Larva de Coleoptera sp1	0	2	2	4	1	0	1	1
	Larva de Coleoptera sp2	0	0	0	0	0	0	0	0
	Larva de tenebrionoidea sp1	0	0	0	0	0	0	2	0
	Larva de tenebrionoidea sp2	0	0	0	0	0	0	0	0
Collembola	Etomobryidae sp1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etomobryidae sp2	0	0	0	0	0	0	0	0
Hymenoptera	Hymenoptera sp1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Hymenoptera sp2	0	0	0	0	0	0	0	0
Lepdóptera	Larva de Lepidoptera sp	0	2	0	0	0	0	0	0
	Larva tineidae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
Psocoptera	Psyllipsocidae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Pellegrini (2011)

NOTA CIENTÍFICA 2

**EFICIÊNCIA DE AMOSTRAGEM EM COMUNIDADES DE ÁCAROS
ASSOCIADOS AO GUANO DE MORCEGOS CAVERNÍCOLAS**

**“SAMPLING EFFICIENCY IN MITE COMMUNITIES ASSOCIATED
WITH CAVE BAT GUANO”**

A nota científica foi redigida conforme as normas da revista científica:
“Speleobiology Notes”, ISSN: 1945-9211, (versão preliminar)

Guano deposits in caves play an important role as a nutrient source, being able to shelter extensive unique communities due to the peculiar ecosystem adjacent to which they are integrated. These communities associated to the cave guano have been studied for decades, and there are many works related to species composition and of new taxa description ^{10, 4, 14}. These communities include several species, sheltering complex trophic webs, from microinvertebrate decomposers, such as mites, to larger invertebrates and predators, such as spiders ¹⁰.

More recently, the ecology of those communities has been studied. Several works have dealt with such ecological questions as: the differences faced by the community in function of the guano deposition time and seasonal variation; the biological description of the inter and intraspecific interactions, with the determination of the community trophic webs, among others ^{e.g. 3, 5, 6, 7, 9, 2, 8, 11}.

Such studies suggest that guano deposits are heterogeneous, being characterized by the high variability of micro-habitats (pH, humidity and organic matter percentages). Furthermore, these substrata shelter countless zoological communities at different successional stages ⁴. That heterogeneity of the deposits is largely due to the variation undergone by the guano during time. A fresher guano tends to be more alkaline and humid and as it ages it becomes more acidic and dry ^{3, 6}.

However, the implementation of such ecological studies, to further consolidate these findings, is hindered by some factors inherent in the conditions of those communities. Many organisms associated to the guano possess a quite reduced size. Furthermore, many species (mainly mites) can possess populations formed by hundreds of thousands of individuals in very extensive deposits, which makes exhausting collections in those systems unfeasible.

Deposits present in only one cavity, the Morrinho grotto (Campo Formoso, Bahia) totaled 12,256 individuals captured by the funnel method of Berlesse-Tulgreen ⁸, that hinders the counting and identification of the organisms. Another work, conducted in Australia, reached incredible numbers (378,354 collected individuals), and more than 95% of the collected organisms belonged to only one species of mite, *Uroobovella coprophila* ¹¹. Such data evidences the need to optimize the collection methodology for arthropods in guano deposits. From this perspective, the objective of the present study was to evaluate the efficiency of sampling of mites associated to bat guano in a cave.

The large bat guano deposit used in this study is located at the Lapa Nova cave (Vazante, Minas Gerais, Brasil - UTM 23 299811 8010693) ¹. The deposit is located in one of the chambers most distant from the main entrance of the cave. The resource is in continuous deposition, being characterized as a mixed guano, composed by guano from frugivorous and insectivorous bats.

The collection was conducted in a single event (September 15, 2009). We sampled four equidistant points collected on a linear transect drawn on the major axis of the deposit.

All of the points had the same volume sampled, removed from small 400 cm² grids with a depth of 5 cm. Each sample was individually conditioned in plastic pots, sealed, labeled and taken to the laboratory for the analyses.

Each guano sample was put in Berlesse-Tulgreen funnels, for one week. After the removal of the saline solutions where the invertebrates fell, each sample was homogenized, separated into sub-samples that were conditioned in plastic 1.5 ml tubes. Soon afterwards, a meticulous selection was carried out with the aid of a stereomicroscope, of each one of the sub-samples from the sample points, separating the organisms into morphotypes, that later were identified under a microscope. For knowingly being the most abundant taxon in guano deposits, only the mites were used in this study.

The collector curve and its confidence interval were constructed through 100 simulations of the accumulative richness observed throughout the samples through the *EstimateS* program. The same curves were used for the calculation of the number of necessary samples to obtain 75% and 50% of the expected richness for each one of the points sampled. This was obtained through the average of the *Jackknife* 1 and 2 and *Chao* 1 and 2 estimators also calculated by that program. The number of “singletons” and “dubletones” throughout the samples was also simulated. Once having the data, it was possible to establish the number of sub-samples necessary to obtain a good estimate of the richness and abundance of mites in guano samples. Furthermore, we could verify if the mite community, at different points in the deposit, is shown homogeneous or not.

A total of 46,775 mites were found distributed in 32 species at the four collection points. At points 1, 2, 3 and 4 abundances of 13,495, 17,286, 10,034 and 5,960 were found and 22, 14, 17 and 11 species richness, respectively.

The collector curves generated from the simulations (Figure 1 and Table 1) were showed different tendencies according to the collection point. The points 1, 2 and 3 were those that stabilized more quickly, reaching at least 85% of the average of the richness expected by the estimators. On the other hand, point four, which was divided in 40 sub-samples, was which approached stabilization least, reaching only 76% of the expected average richness by the estimators. However, all the collector curves approached an asymptote, possible errors being minimized that could be found in the species richness values generated from the *Jackknife* estimate¹².

Table 1 Number of sub-samples necessary to capture 75% and 50% of total species richness expected at each point. The number of individuals found is in parentheses – Lapa Nova – 2009.

	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4
Samples to estimate 75% of S'	2	19	16	39
Samples to estimate 50% of S'	1	5	2	14

Fonte: Pellegrini (2011)

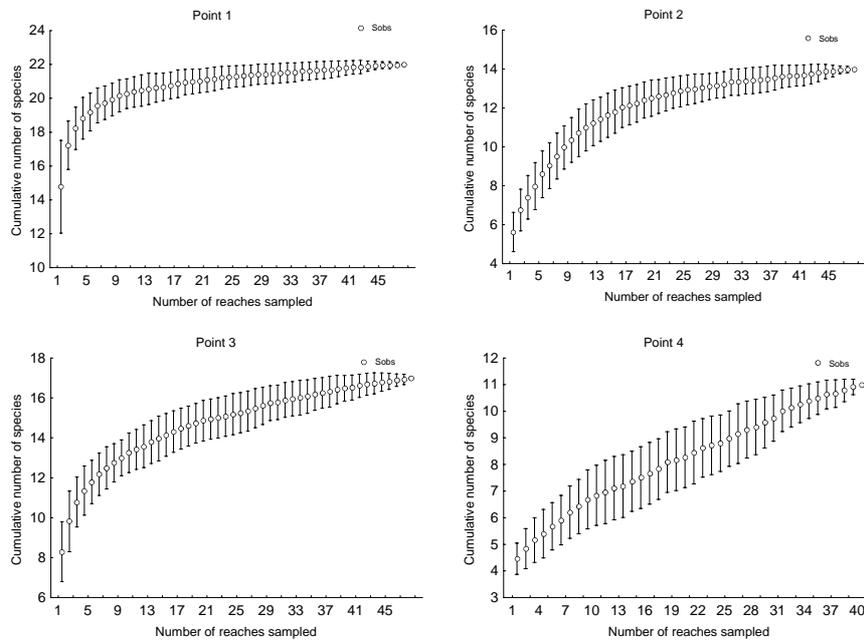


Figure 1 Species-accumulation curves for four points in the Lapa Nova guano deposit. The cumulative number of species is plotted against the number of reaches sampled – Lapa Nova – 2009.

Fonte: Pellegrini (2011)

The data suggest a negative correlation between the sampling effort and the species richness and abundance found at each point. High richness and abundance values, like those observed at point 1, need a much smaller sampling effort than that necessary in less rich and abundant points, like point 4 (Table 2). Such differences among the points can reflect the heterogeneity of the large deposit, keeping in mind that during the field collection of the material, we opted for collection of guano samples at different deposition stages. Various authors point to the physiochemical composition of an ephemeral resource as an important determinant of the richness and abundance of the associated communities^{13, 16, 11, 8}. Therefore, richness and abundance variations can result from the ecological succession of the communities during the guano desiccation process, as suggested by Decu (1986).

Table 2 Total abundance of individuals at each point sampled. Observed total richness. Expected richness indicated by each richness estimator. Average of the estimators. Percentage of observed richness that was sampled at each point – Lapa Nova – 2009.

	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4
Total abundance of				
individuals	13.495	17.286	10.034	5.960
Observed Richness (S')	22	14	17	11
Jackknife 1	22,98	15,96	19,94	14,9
Jackknife 2	23	17,88	22,81	16,85
Chao 1	22,3	16	21,5	13,22
Chao 2	22,3	16	21,5	13,22
Average of the estimators	22,65	16,46	18,94	14,55
% of estimated observed	97%	85%	90%	76%

Fonte: Pellegrini (2011)

Winchester and collaborators (2008) conducted a study with oribatid mites on a mountain located on Vancouver Island, Canada. In way similar to that observed in this work, there was a significant difference in the accumulative curve of oribatid richness according to the change of the micro-habitat. Thus, it is believed that the differences presented among the sampled points also result from variations in physiochemical parameters of the guano deposit.

From the graphs generated in the singleton and doubleton simulations it is possible to infer that at points 1 and 2, there exists a high probability that rare species occur with a small number of sub-samples. At points 3 and 4 the curve did not stabilize. Therefore, a large number of sub-samples would be necessary to increase the probability of finding rare species (Figure 2).

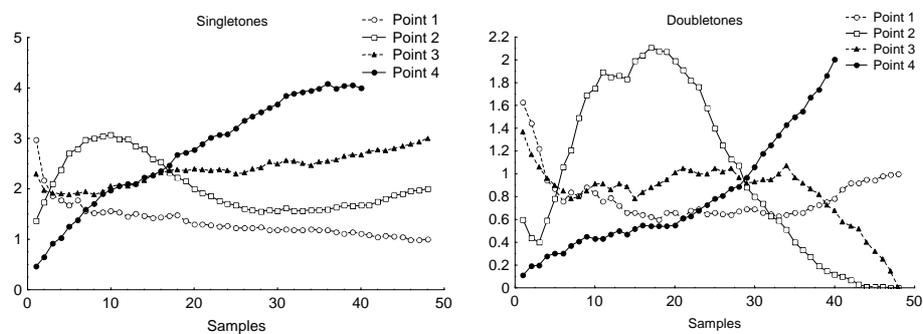


Figure 2 Simulation of the occurrence of rare species, Singleton and doubleton, for the four guano points collected – Lapa Nova – 2009.

Fonte: Pellegrini (2011)

According to the generated data it is possible to infer that the sampling was adequate in estimating the richness and abundance data at each point.

However, the variability observed among the points suggests that a larger number of samples certainly would reveal more species. This way, studies previous to the general guano sampling, such as that conducted in the present study, are of great importance, because they provide an empirical basis for the estimate of the number of samples (and sub-samples) necessary (sampling effort) to obtain a good sampling of the mite community. More homogeneous deposits allow good richness and abundance estimates starting from the selection of just a fraction of the collected material (sub-samples) in the Berlesse-Tulgreen funnels. On the other hand, heterogeneous deposits need the selection of the entire biological material to guarantee a good sampling, mainly from places where the abundance and richness are lower.

ACKNOWLEDGMENT

We thank Erika Linsi Taylor, Marconi Souza Silva and Maysa F. Vilella for help with the collected material. We are also grateful to Daniela Costa Pompeu and Marcela Alves for the help with the material triage, specially Leopodo B. Oliveira for the help with the mites identification. Finally, we would like to thank Dr. Paulo dos Santos Pompeu for the help with the data analyses.

REFERÊNCIAS

1. Auler A.S., Rubbioli E. & Brandi, R. 2001. *As grandes cavernas do Brasil*. Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas. 228pp.
2. Bahia G.R. & Ferreira R.L. 2005. Influência das características físico-químicas e da matéria orgânica de depósitos recentes de guano de morcegos na riqueza e diversidade de invertebrados de uma caverna calcária. *Revista Brasileira de Zoociências*. **7(1)**, 165-180.

3. Bernarh R.F. & Kunz T.H. 1981. Structure and dynamics of arthropod communities in bat guano deposits in buildings. *Canadian Journal of Zoology*, **59**, 260-270.
4. Decu V. 1986. Some considerations on the bat guano synusia. *Travail du Institut de Spéologie "Emile Racovitza"*, **25**, 41-51.
5. Ferreira R.L. & Martins R.P. 1998. Diversity of Spiders Associated with Bat Guano Piles in Morrinho Cave (Bahia State, Brazil). *Diversity and Distributions*, **4**, 235-241.
6. Ferreira R.L., Martins R.P. 1999. Guano de morcegos: fonte de vida em cavernas. *Ciência Hoje*, **25(146)**, 34-40.
7. Ferreira R.L., Martins R.P. & Yanega, D. 2000. Ecology of bat guano arthropod communities in a brazilian dry cave. *Ecotropica*, **6(2)**, 105-116.
8. Ferreira R.L., Prous X. & Martins, R.P. 2007. Structure of bat guano communities in a dry Brazilian cave. *Tropical Zoology*, **20**, 55-74.
9. Gnaspini, P. & Trajano E. 2000. Guano communities in tropical caves. p. 251-268. In: Wilkens H. Culver D.C. & Humphreys W.F. (Eds), "Ecosystems of the world subterrean biota" Elsevier: Amsterdam.
10. Harris J.A. 1970. Bat-guano cave environment. *Science*, **90**, 160-162.
11. Moulds T.A. 2006. *The seasonality, diversity and ecology of cavernicolous guano dependent arthropod ecosystem in southern Australia*. Tese de doutorado apresentada ao curso Environmental Biology, School of Earth and Environmental Sciences, The University of Adelaide, Adelaide, Australia. 257p.

12. Palmer M.W. 1990. The estimation of species richness by extrapolation. *Ecology*, **71**, 1195–1198.
13. Reed Jr.H.B. 1958. A Study of dog Carcass Communities in Tennessee, with Special Reference to the Insects. *American Midland Naturalist*, **59(1)**, 213-245.
14. Zeppelini-Filho D. 1994. Estudio preliminar de la fauna asociada al guano de murciélagos en cavernas de Goiás, Brasil. *Mundos Subterrâneos*, **5**, 30-39.
15. Winchester N.M., Lindo Z. & Behan-Pelletier V.M. 2008. Oribatid Mite Communities in the Canopy of Montane *Abies amabilis* and *Tsuga heterophylla* Trees on Vancouver Island, British Columbia. *Environmental Entomology*, **37(2)**, 464-471.
16. Wait D.A., Aubrey D.P. & Anderson W.B. 2005. Seabird guano influences on desert islands: soil chemistry and herbaceous species richness and productivity. *Journal of Arid Environments*, **60**, 681-695.