



35^o
Bonito - MS

ANAIS do 35^o Congresso Brasileiro de Espeleologia
19 - 22 de julho de 2019 - ISSN 2178-2113 (online)



O artigo a seguir é parte integrando dos Anais do 35^o Congresso Brasileiro de Espeleologia disponível gratuitamente em www.cavernas.org.br.

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

SPERANDEI, V.F. et al. A influência da heterogeneidade de habitat sobre a similaridade e composição de fauna terrestre cavernícola. In: ZAMPAULO, R. A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 35, 2019. Bonito. *Anais...* Campinas: SBE, 2019. p.751-757. Disponível em: http://www.cavernas.org.br/anais35cbe/35cbe_751-757.pdf. Acesso em: *data do acesso*.

Esta é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia.
Consulte outras obras disponíveis em www.cavernas.org.br

A INFLUÊNCIA DA HETEROGENEIDADE DE HABITAT SOBRE A SIMILARIDADE E COMPOSIÇÃO DE FAUNA TERRESTRE CAVERNÍCOLA

*THE INFLUENCE OF HABITAT HETEROGENEITY ON THE SIMILARITY AND COMPOSITION OF
CAVE FAUNA*

Vinícius da Fontoura SPERANDEI (1,2,3); Denizar de Almeida ALVARENGA (3,4,5); Maricélio de Medeiros GUIMARÃES (6); Rodrigo Lopes FERREIRA (3,4); Marconi SOUZA SILVA (2,3,4)

- (1) Universidade Federal de São João Del Rei.
- (2) Programa de Pós-Graduação em Ecologia (UFSJ).
- (3) Centro de Estudos em Biologia Subterrânea.
- (4) Universidade Federal de Lavras.
- (5) Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada (UFLA).
- (6) Fundação Casa da Cultura de Marabá.

Contato: vinicius.sperandei@gmail.com

Resumo

Elevada estabilidade nas condições e recursos energéticos de origem alóctone são características do ambiente cavernícola, estas limitam a colonização do habitat por invertebrados subterrâneos. A heterogeneidade de habitat é um importante fator para a similaridade e composição da fauna entre unidades amostrais em distintas escalas (setores e quadrantes). O estudo foi realizado na Caverna na Explosão (Xambioá/TO) onde foi observada a fauna cavernícola em meso e microescala e a heterogeneidade foi calculada pela proporção da área que os diferentes substratos ocupavam nas unidades amostrais. Foram 63 morfótipos (dispostos em 19 táxons e 40 famílias), os resultados indicam que o habitat tem baixa heterogeneidade e que substratos de recursos energéticos são os fatores que mais influenciam para a mudança na composição da fauna entre os setores e quadrantes. Os testes de suficiência amostral indicaram que a utilização de métodos em escalas diferentes possibilitou o acesso de um maior número de riqueza total.

Palavras-Chave: composição; heterogeneidade de habitat; similaridade.

Abstract

High stability conditions and allochthonous energy input are characteristic of the cave environment, which limits the colonization of the habitat by invertebrates. Habitat heterogeneity is an important factor for fauna similarity and composition among sample units at different scales (sectors and quadrants). The study was carried out in Cave in the Explosion (Xambioá / TO) where the cave fauna was observed in meso and microscale and the heterogeneity was calculated by the proportion of the area that the different substrates occupied in the sample units. There were 63 morphotypes (arranged in 19 taxa and 40 families), the results indicate that the habitat has low heterogeneity and that substrates of energy resources are the factors that most influence for the change in fauna composition between the sectors and quadrants. Sampling sufficiency tests indicated that the use of methods at different scales allowed access to a greater number of total wealth.

Keywords: composition; heterogeneity of habitat; similarity.

1. INTRODUÇÃO

Os ambientes subterrâneos caracterizam-se por sua elevada estabilidade nas condições de temperatura e umidade, ausência permanente de luminosidade e escassez de recursos alimentares (POULSON; WHITE, 1969; BARR; KUEHNE, 1971; CULVER; PIPAN, 2009). O aporte de recursos é predominantemente de origem alóctone, sendo a matéria orgânica carreada por água de rios e enxurradas além do guano de morcegos e carcaças de animais (CULVER, 1982; SOUZA-SILVA,

2003; SOUZA-SILVA et al., 2011). Estas características de aporte podem limitar a colonização por comunidades de invertebrados que coloniza o ambiente determinando a comunidade suportadas por detritos e composta de poucos níveis tróficos (GIBERT; DEHARVENG, 2002; POULSON, 2005; TRAJANO, 2005).

A riqueza e diversidade da comunidade e o levantamento de espécies realizada em complementariedade com diferentes escalas amostrais vem mostrando nos últimos anos ser uma

metodologia efetiva na amostragem de fauna subterrânea (CULVER; PIPAN, 2009; SIMÕES, 2013; ZEPON, 2015; FERREIRA et al., 2017).

Um dos fatores que impulsionam mudanças na riqueza e composição da fauna é a heterogeneidade do habitat. A maior heterogeneidade do habitat influi positivamente, aumentando a complexidade local de microhabitats, disponibilizando maior quantidade de abrigos e refúgios á condições adversas e aumenta a probabilidade de especiação uma vez que eventos resultantes de isolamento e adaptações á diversas condições ambientais devem aumentar com o aumento da taxa de heterogeneidade (BEGON et al. 2007; STEIN et al., 2014). Além disso, o particionamento da diversidade é de notória importância para entender qual a contribuição de cada escala hierárquica no conjunto total de espécies (TEWS et al., 2004).

Diante disto, o presente estudo objetivou avaliar respostas das comunidades de invertebrados terrestres a heterogeneidade de habitat em um ambiente cavernícola.

2. METODOLOGIA

Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido na Caverna calcária da Explosão (-6,422028, -48,409689 em graus decimais – DATUM SIRGAS2000) que possui 1203m de projeção horizontal e 14m de desnível. A caverna localizava-se no município de Xambioá, Tocantins, dentro de área da Votorantim Cimentos Brasil e possui blocos de rochas no seu entorno, indicando atividade pretérita de mineração (Figura 1). A entrada da caverna acessada possui 0,75cm x 0,70cm e as 3 outras entradas da caverna foram obstruídas por abatimento de blocos. Alguns condutos da caverna se localizam em fundo de dolina e durante o período chuvoso parte dos seus condutos e encontram alagados.

O clima da região é classificado, seguindo Köppen, como Aw5 (Clima tropical com estação seca), com índice pluviométrico anual entre 1000mm a 1500mm e temperatura média anual de 26,3°C (KÖPPEN, 1931.; ALVARES et al., 2013.)

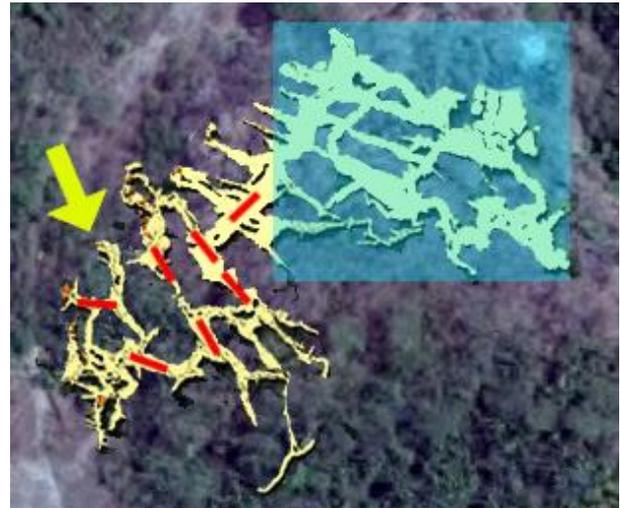


Figura 1: Mapa da Caverna da Explosão – Xambioá/Tocantins com a disposição dos setores. Em Hachurado de azul a área alagada.

Coleta de invertebrados terrestres

Para a coleta dos invertebrados terrestres na caverna foram utilizadas duas escalas distintas de amostragens (quadrante e setor). O setor possui dimensões de 10m x 3m (mesoescala) e o quadrante de 1m² (microescala), delimitando uma área quadriculada de 10x10cm. A coleta de invertebrados foi realizada manualmente com auxílio de pinças e pincéis em toda a área das unidades amostrais. Os espécimes coletados foram armazenados em potes de plástico contendo solução de álcool 70% e em laboratório foram identificados até o menor nível taxonômico possível (OLIVER; BEATTIE, 1996, PELLEGRINI et al., 2016) e agrupados em morfotipos. Testemunhos estão depositados na Coleção de Invertebrados Subterrâneos de Lavras, no Centro de Estudos em Biologia Subterrânea, Universidade Federal de Lavras.

Coleta de dados abióticos

Os dados de temperatura e umidade foram obtidos com uso de termohigrômetro digital dispostos no solo em cada setor amostrado na caverna. A distância das unidades em relação a entrada principal da caverna foi medida com trena á laser.

Mensuração da heterogeneidade de habitat

A heterogeneidade de habitat foi determinada a partir de quantificação da proporção de tipos de substratos em cada setor. Para tal os setores foram sub-divididas em 10 seções de igual extensão (3m x 1m) para quantificar a proporção dos diferentes tipos de substratos em seu interior. A diversidade de tipos de substratos em cada

quadrante foi determinada por meio da análise fotográfica das áreas dos mesmos e as áreas destes substratos foram quantificadas por meio do software ImageJ (RASBAND, 2011) que foi calibrado uma escala a partir de uma medida conhecida (área do quadrante de 10000cm²), e assim obtendo as áreas secundárias dentro da unidade.

Análise de Dados

Para avaliar a similaridade da fauna entre as unidades amostrais (quadrantes e setores) foi utilizado o índice de Bray-Curtis e Distância Euclidiana. Para avaliar diferenças significativas na composição da fauna entre as unidades amostrais (quadrantes e setores) foi utilizada uma análise de Similaridade (ANOSIM). O PERMADISP foi utilizado para avaliar a dispersão dentro de cada unidade amostral, sendo considerada uma medida indireta de β diversidade composicional (ANDERSON *et al.*, 2008).

Para avaliar como variações dos diferentes tipos de substratos (guano, raízes, poça d'água, pedras, blocos, rocha matriz, sedimento argiloso, gotejamento, folhas, material orgânico vegetal, fungos, escorrimento e semente em germinação) afetam individualmente e combinados (diversidade de substratos) na composição e riqueza da fauna a diferentes distâncias da entrada foi utilizado o DistLM (Foward e AICc). A análise de redundância baseada em distância (dbRDA) foi realizada para determinar a força e a direção (positiva ou negativa) da relação das variáveis preditoras selecionadas pelo DistLM (ANDERSON *et al.*, 2008; CLARKE *et al.* 2014).

Para comparar diferenças na riqueza média entre quadrantes e setores foi utilizado o teste não-paramétrico de ANOVA. Para tal a fauna dos setores foi relativizada em função da área amostrada. Por fim foi realizada avaliação de suficiência amostral através de curvas de acumulação de espécies e utilizados os estimadores Jackknife 1 e 2 este último, como evidenciado por Oliveira (2015) demonstrou ser o melhor parâmetro para esta análise e baseia-se na incidência de espécies por unidade amostrada e por ser uma coleta atemporal aumenta a probabilidade de espécies raras (COLWELL, 2006).

3. RESULTADOS

A Caverna da Explosão teve valores de temperatura e umidade estáveis em toda sua extensão, sendo que a temperatura variou entre

25,3°C e 25,5°C, e a umidade relativa do ar foi de 95%.

Foram observados 63 morfótipos dispostos em 19 táxons e 40 famílias. Os táxons mais ricos foram Acari (14 spp.) seguido de Collembola e Coleoptera (9 morfótipos cada), Araneae (4 morfótipos) e Hemiptera (3 morfótipos). As menores riquezas observadas foram em Amblypygi, Blattodea, Dermaptera, Pseudoscorpiones, Schizomida e Spirostreptida (Tabela 1).

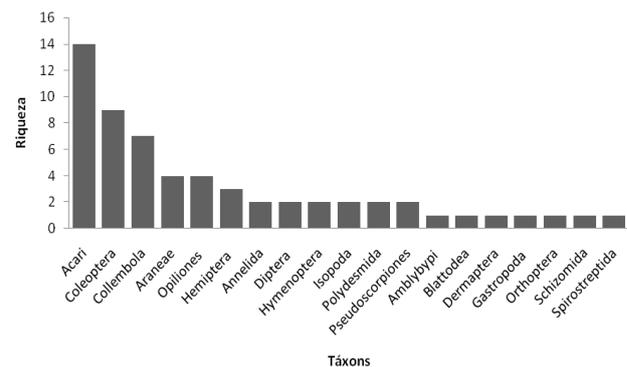


Tabela 1: Riqueza por táxons observadas na Caverna da Explosão.

As curvas do coletor realizadas demonstraram que quando em associação das duas metodologias, foram observadas 70% do total para o estimador Jackknife 1 e 57,8% do estimador Jackknife 2, para a unidade amostral de microescala foram observadas 66,1% e 52,9% respectivamente. Para a unidade amostral de mesoescala foram observadas 67,9% e 57,6% das espécies acessadas de acordo com os estimadores. Proporcionalmente as espécies acessaram uma porcentagem muito próxima do total da riqueza da caverna, porém se somarmos ao fato das espécies exclusivas podemos notar a importância da sobreposição de metodologias quando realizada em associação atingiu 70% da riqueza total (Figura 2).

A riqueza média mostrou diferença significativa entre quadrante e setor ($F(1;26) = 4,4428$; $p=0,0448$). Quadrantes apresentaram 7/m² espécies em média ($\pm 2,5$ spp.) e setores 0,62/m² espécies em média ($\pm 0,24$ spp.).

A Análise de Similaridade (ANOSIM) não mostrou diferença significativa na composição da fauna entre as escalas amostrais. O PERMADISP revelou maior dispersão nas amostras realizadas com quadrantes (46,26, $\pm 2,5$) do que setores (35,8, $\pm 1,9$).

Os resultados do DistLM mostraram que para os setores apenas o guano atua como a principal variável preditora de variações na composição ($R = 24,8$, $p = 0,02$ e pseudo $F =$

1,6468). O dbRDA indicou 48,1% de ajuste ao modelo e 48,1% de resposta ao conjunto de variáveis testas, coincidentemente a proporção de resposta foi a mesma. (Figura 3).

4. DISCUSSÃO

A Caverna da Explosão apresentou alta similaridade da fauna entre os setores e quadrantes amostrados, muito provavelmente impulsionados pela baixa variação de tipos e proporção de substratos presentes. Este resultado de baixa mudança na composição indica que as espécies coletadas em mesoescala (setor) em grande parte também são encontrada no quadrante que estava próximo, e indiretamente indica alto aninhamento de espécies entre as amostras. Entretanto a maior riqueza média encontrada nos quadrantes pode estar relacionado a uma maior suficiência amostral em áreas menores.

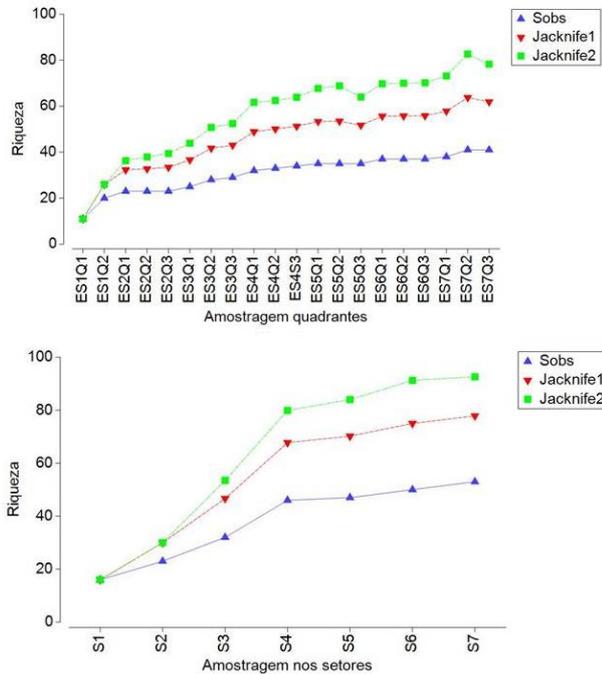


Figura 2: Curvas de acumulação para o número observado e estimados com Jackknife 1 e 2 em microescala (acima) e mesoescala (abaixo).

Quase metade da riqueza observada (32 de 63 morfótipos ou 29 famílias de 40 observadas) foi de exclusividade de apenas uma das metodologias empregadas nesta pesquisa o que corrobora com estudos que indicam a combinação de métodos de amostragem para acessar o maior número de espécies possíveis no ambiente e assim fomentando uma amostragem mais próxima do real além de atingir as assíntotas das curvas de coleta (CULVER; PIPAN, 2009; BICHUETTE et al., 2015; ZEPON, 2015).

Com as metodologias em associação, a taxa de acesso às espécies disponíveis pelos estimadores Jackknife 1 e 2 foi de cerca de 70%. Normalmente em ambientes subterrâneos a curva dificilmente chega a atingir a assíntota pela dificuldade de acesso aos microhabitats restritos nas cavernas como fendas, depósitos de guano, o que aumenta a quantidade de espécies de aparição rara e consequentemente aumenta a projeção do número total, porém para esta caverna a taxa foi alta, e com a curva atingindo próximo da estabilidade (FERREIRA, 2005; DELABIE et al.; 2000; OLIVEIRA, 2014).

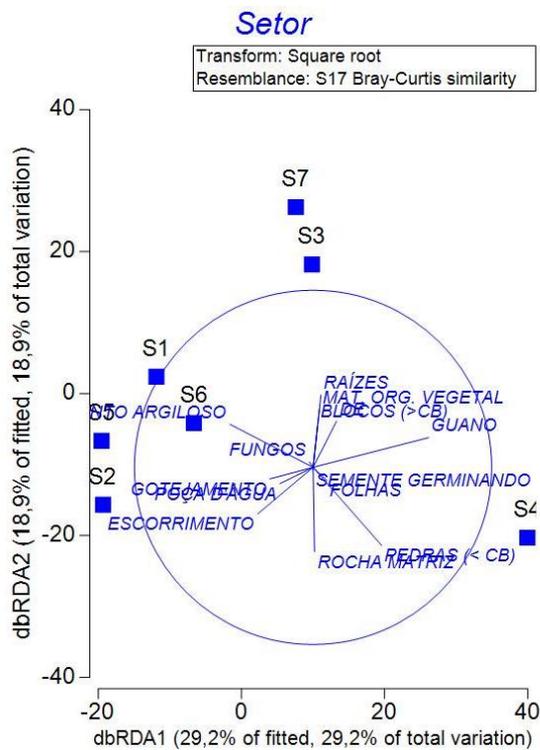


Figura 3: dbRDA com setores em relação aos tipos de substratos e suas proporções no habitat.

A importância do guano como fator que determinou a distribuição da fauna deve se provavelmente a qualidade nutritiva desde recurso para a fauna de invertebrados terrestres (SOUZA-SILVA et al., 2011). Uma vez que disponibilidade de recurso alimentar é escassa, este se torna um fator primordial para a estruturação da comunidade e determinação de riqueza e diversidade no ambiente cavernícola (POULSON, 2005) já que é local de pouca ou nenhuma produção primária e o aporte de energia do sistema é baseada em recursos de origem alóctone e de caráter efêmero (CULVER; PIPAN, 2009; SOUZA-SILVA et al., 2011). Os depósitos de guano se mostram como principal fonte alimentar para comunidades cavernícolas de grupos

diversos como demonstrado em estudos com bactérias, fungos, protozoários, nemátodos, ácaros, dípteros, coleópteros, lepidópteros, colembolos, isópodes, pseudoescorpiões, psocopteros, quilópodes, hemípteras, himenópteros, opiliões, ortópteros e aranhas (POULSON, 1972; GNASPINI-NETO, 1989; HERRERA, 1995; FERREIRA; MARTINS, 1999; FERREIRA et al., 2000; PELLEGRINI; FERREIRA, 2013).

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos á Votorantim Cimentos Brasil pela permissão de acesso á caverna e aos funcionários que nos auxiliaram, ao ICMBio/CECAV pela licença de coleta concedida, ao Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará (Ideflor – bio) pelas acomodações em sua sede de São Geraldo do Araguaia/PA e ao Francinaldo Bezerra (Naldo) por toda a ajuda e aprendizado.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., DE MORAES, G., LEONARDO, J., & SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n.6, 711-728, 2013.
- ANDERSON, M. J., GORLEY, R. N., CLARKE, K. R. (2008). **PERMANOVA+ for PRIMER: guide to software and statistical methods**. Plymouth: PRIMER-E. 274p, 2008.
- BARR, T. C.; KUEHNE, R. A. Ecological studies in the Mammoth Cave ecosystems of Kentucky. II. The ecosystem. *Annales de Spéléologie*, v26, 47-96, 1971.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. Artmed, Porto Alegre: Artmed, 752p, 2007.
- BICHUETTE, M. E., Simoes, L. B., von Schimonsky, D. M., & Gallao, J. E. Effectiveness of quadrat sampling on terrestrial cave fauna survey a case study in a Neotropical cave/A eficácia do método de amostragem por quadrados em levantamentos da fauna terrestre cavernícola--um estudo de caso em uma caverna Neotropical. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 37, n. 3, p. 345-352, 2015.
- CLARKE, K.R., GORLEY, R.N., SOMERFIELD, P.J., WARWICK, R.M. **Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation**, 3rd edition. PRIMER-E: Plymouth. 2014.
- COLWELL, R. K. *Estimate S: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species From Samples*. URL <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS/> [Acessado em 15 de maio de 2019]. 2006.
- CULVER, D. C. **Cave Life: Evolution and Ecology**. Massachusetts and London: Harvard University Press. Cambridge. 189pp, 1982.
- CULVER, D. C.; PIPAN; T. **The biology of caves and other subterranean habitats**. Oxford: Oxford University Press. 256p, 2009.
- FERREIRA, R. L. & R. P. MARTINS. Trophic structure and natural history of bat guano invertebrate communities, with special reference to Brazilian caves. *Tropical Zoology* 12:231-252. 1999.
- 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. 2000.
- FERREIRA, W. R., HEPP, L. U., LIGEIRO, R., MACEDO, D. R., HUGHES, R. M., KAUFMANN, P. R., CALLISTO, M. Partitioning taxonomic diversity of aquatic insect assemblages and functional feeding groups in neotropical savanna headwater streams. *Ecol. Indic.* v.72, p.365–373, 2017.

- GIBERT, J. & DEHARVENG, L. Subterranean Ecosystems: A Truncated Functional Biodiversity. **BioScience**, v.52, p.473-481, 2002.
- GNASPINI-NETTO, P. Análise comparativa da Fauna associada a depósitos de guano de morcegos cavernícolas no Brasil. Primeira aproximação. **Revista Brasileira de Entomologia** 33 (2):183-192. 1989.
- HERRERA, F.F. Las comunidades de artrópodos del guano del guácharos en la cueva del guácharo, Venezuela. **Boletim da Sociedad Venezolana de Espeleologia**. 29, 39-46.1995.
- KÖPPEN, W. P. (1931). **Grundriss der klimakunde**.
- OLIVER I, BEATTIE A.J. Invertebrate morphospecies as surrogates for species: a case study. **Conservation Biology**, v.1, n.10, p. 99–109, 1996.
- OLIVEIRA, M.P.A. **Os métodos de coleta utilizados em cavernas são eficientes para a amostragem da fauna subterrânea?** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2014.
- PELLEGRINI, T. G., & FERREIRA, R. L. Structure and interactions in a cave guano–soil continuum community. **European journal of soil biology**, 57, 19-26. 2013.
- PELLEGRINI, T., SALES, L. P., AGUIAR, P., & FERREIRA, R. L. Linking spatial scale dependence of land-use descriptors and invertebrate cave community composition. **Subterranean Biology**, v.18, p.17, 2016.
- POULSON, T. L.; WHITE, W. B. The cave environment. **Science**, v.165, p.971 – 981, 1969.
- POULSON, L.T. Bai guano ecosystems. **Bulletin of National Speleological Society**, 34(2): 55-59. 1972.
- POULSON, T. L. Fontes de alimento. In: CULVER, DC; BRANCA, WB (Ed.). **Enciclopédia de cavernas**. Amsterdam: Elsevier, p.255-264, 2005.
- RASBAND, W. S., IMAGE, J., & US NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH. 2011. **“ImageJ64,” US National Institutes of Health, Bethesda, MD**. 1997.
- SIMÕES, L. B. **Biodiversidade da fauna subterrânea na área cárstica de São Domingos, nordeste de Goiás: relevância versus visibilidade de táxons**. 2013. 197f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- SOUZA-SILVA, M. **Dinâmica de disponibilidade de recursos alimentares em uma caverna calcária**. 2003. 38f. Dissertação de mestrado em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais Belo Horizonte.
- SOUZA-SILVA, M; MARTINS R. P.; FERREIRA R. L. Cave lithology determining the structure of the invertebrate communities in the Brazilian Atlantic Rain Forest. **Biodiversity and Conservation**.v. 20, n. 8, p. 1713-1729, 2011.
- STEIN, A., GERSTNER, K., & KREFT, H. De Meio Ambiente heterogeneidade como um driver universal da riqueza de espécies em toda a taxa, biomas e escalas espaciais. **Ecology Letters**, v.17, n.7, p.866-880, 2014.
- TRAJANO, E. Evolução das linhagens. In: CULVER, DC; WHITE, WB (Ed.). **Enciclopédia de cavernas**. Amsterdam: Elsevier. p.230-234, 2005.

TEWS, J., BROSE, U., GRIMM, V., TIELBÖRGER, K., WICHMANN, MC, SCHWAGER, M., & JELTSCH, F. Diversidade de espécies de animais conduzidos por habitat heterogeneidade / diversidade: a importância da Keystone estruturas. **Journal of biogeography**, v.31, n.1, p.79-92, 2004.

ZEPON, T. **Zonação e estratificação da fauna subterrânea de Presidente Olegário, noroeste de Minas Gerais**. 2015. 101f. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos.