

CONTRIBUIÇÃO AO CONHECIMENTO DA BIOLOGIA DE CAVERNAS EM LITOLOGIAS FERRÍFERAS DE CARAJÁS, PA

CONTRIBUTION TO THE KNOWLEDGE OF THE BIOLOGY OF CAVES IN FERRIFEROUS
LITHOLOGY FROM CARAJAS, PA

Xavier Prous, Mauricio Vasconcellos & Tatiana Bezerra

VALE.S.A.

Contatos: xavier.prous@vale.com; vasconcellos.mauricio@vale.com; tatiana.bezerra@vale.com.

Resumo

O conhecimento sobre a ecologia das cavernas no Brasil ainda é incipiente. Até o presente poucos são os estudos que abordaram de forma direta a ecologia das cavernas em litologias ferríferas. Deste modo, neste trabalho são apresentados dados sobre a influência de alguns atributos bióticos e abióticos sobre a riqueza de espécies e riqueza de troglóbios em cavernas da região de Carajás, PA. A riqueza média das cavernas estudadas foi de 60,83 ($\pm 26,4$) espécies, sendo que a média de espécies troglóbias foi de 1,57 ($\pm 2,14$) espécies. A presença de corpos d'água influenciou positivamente a riqueza total de espécies ($z = 3,49$, $p < 0,01$), e a riqueza de troglóbios ($z = 2,50$, $p < 0,01$). Projeção horizontal ($f = 241,3$, $r^2 = 0,59$, $p < 0,01$) e área das cavidades ($f = 212,0$, $r^2 = 0,56$, $p < 0,01$) possuem uma relação direta com o aumento da riqueza total de espécies. Correlações canônicas significativas (R canônico = 0,82, $x^2 = 214,96$ com $gl = 10$, $p < 0,01$) demonstram uma forte correlação entre a riqueza total e de espécies troglóbias com as variáveis abióticas associadas à dimensão das cavidades (área e volume) e presença de água nas cavernas. O estudo contribui com informações que possibilitam um melhor entendimento do funcionamento dos sistemas cavernícolas em litologias ferríferas, ao mesmo tempo que fomenta a base do conhecimento permitindo uma melhor avaliação frente à legislação atual.

Palavras-Chave: cavernas, canga e litologias ferríferas, riqueza de espécies, troglóbios.

Abstract

The Brazilian cave ecology knowledge is still incipient. To date few studies have directly addressed the ecology of the caves in iron formation. Thus, this paper presents data on the influence of some biotic and abiotic attributes on species richness and richness of troglobites in caves in the Carajás region, PA. The mean richness of the caves was 60.83 (± 26.4) species, and the mean species troglomorphic was 1.57 (± 2.14) species. The presence of water collections affected positively the total species richness ($z = 3.49$, $p < 0.01$), and the troglobites richness ($z = 2.50$, $p < 0.01$). Horizontal projection ($f = 241.3$, $r^2 = 0.59$, $p < 0.01$) and area of the cavities ($f = 212.0$, $r^2 = 0.56$, $p < 0.01$) have a direct relationship with the increase in total species richness. Significant canonical correlations (canonical $R = 0.82$, $x^2 = 214.96$ with $df = 10$, $p < 0.01$) showed a strong correlation between total richness and richness of troglomorphic species with the abiotic variables associated with the size of the cavity (area and volume) and the presence of water in caves. The study provides information that enables a better understanding of the cave systems in iron lithologies.

Key-words: caves, yoke and lithologies ferriferous, species richness, troglodyte.

1. INTRODUÇÃO

Cavernas podem ser formadas por diversos processos (dissolução, erosão, movimentação de placas) e em diferentes litologias (rochas carbonáticas, siliciclasticas e ferríferas) (Culver e White 2005, Gunn 2006, Piló & Auler 2009). A grande maioria das cavernas está inserida em rochas carbonáticas, mais sujeitas à dissolução, sendo as mais comuns em Calcário e Dolomito (Culver e White 2005, Gunn 2006,).

No Brasil existem aproximadamente 5.000 cavernas já registradas (CECAV 2011), mas estima-se que o total de cavernas seja superior a 100.000 (Auler 2006). A partir do início dos anos 2000 estudos sistemáticos em regiões de litologia ferrífera revelaram um grande potencial para cavernas, principalmente associada a coberturas de canga (Piló e Auler 2009). As cavernas ferruginosas são originadas principalmente por processos de dissolução e erosão, sendo a grande maioria delas de dimensões reduzidas quando comparadas a cavernas

em outras litologias (Auler & Piló 2005, Piló & Auler 2005, Piló & Auler 2009).

O conhecimento sobre a ecologia das cavernas no Brasil ainda é incipiente, sendo que a grande maioria dos estudos foi realizada em cavernas carbonáticas (Ferreira 2004, Gunn 2005, Culver & Pipan 2009, Souza-Silva et al 2011). Até o presente poucos são os estudos que abordaram de forma direta a ecologia das cavernas em litologias ferríferas (Ferreira 2005, Souza-Silva et al 2011). Desta forma, este trabalho tem como objetivo principal contribuir para o conhecimento da ecologia das cavernas em litologias ferríferas. Como objetivo específico, este estudo avalia a influencia de alguns atributos bióticos e abióticos sobre a riqueza de espécies e riqueza de troglóbios em cavernas da região de Carajás, Pará.

2. METODOLOGIA

A área de estudo se localiza na região de Carajás, município de Parauapebas, PA (Figura 1).

Localizada na região centro-sul do Estado do Pará, a Serra dos Carajás caracteriza-se por uma série de serras descontínuas e morros, afastados por extensos vales. Os platôs onde as cavidades estudadas estão inseridas integram a Floresta Nacional de Carajás. Situada entre as coordenadas geográficas de 05°52' e 06°33' S; 49°53 e 50°45' W, a Floresta nacional de Carajás possui uma área total de 395826,70 hectares e é drenada pelo Rio Itacaiúnas, que deságua no sistema hidroviário Araguaia-Tocantins (IBAMA, 2004). O volume de precipitação anual na área de estudo é da ordem de

1.800 milímetros, sendo que 75% desta precipitação ocorrem no período compreendido entre os meses de novembro e abril. Apresenta um período chuvoso durante o trimestre janeiro-fevereiro-março, que concentra cerca de 50% da precipitação do ano, com valores médios mensais da ordem de 300 milímetros. Os meses mais secos (junho-julho-agosto) concentram juntos, menos de 5% da chuva anual.

De acordo com o IBAMA (2004) a principal cobertura vegetal presente na FLONA de Carajás é a Floresta Ombrófila Aberta, com variações locais na maioria associadas a mudanças no relevo (escarpa, baixios planos, semi-planos e platôs). No ápice dos platôs, onde a paisagem é de clareira natural, as características formações sub-arbóreas de canga laterítica criam um enclave relacionado ao cerrado com endemismos de habitat deste bioma e elementos vicariantes. A vegetação predominantemente herbácea e arbustiva com poucos elementos de porte arbóreo constitui um tipo vegetacional que pode ser chamado de “campo rupestre”, vegetação “rupestre”, “vegetação de canga” ou “savana metalófila” (Seco & Mesquita, 1983). A maioria das cavernas estudadas ocorre em cotas inferiores aos platôs, na ruptura do relevo, onde se observa uma vegetação de transição entre a “vegetação de canga” e a Floresta Ombrófila circundante. Nesta transição os indivíduos arbóreos se distribuem de forma mais equilibrada entre os herbáceos e arbustivos. Maiores detalhes sobre a geomorfologia da região podem ser vistos em Cunha Jr. e colaboradores (2007) e Piló e Auler (2009).

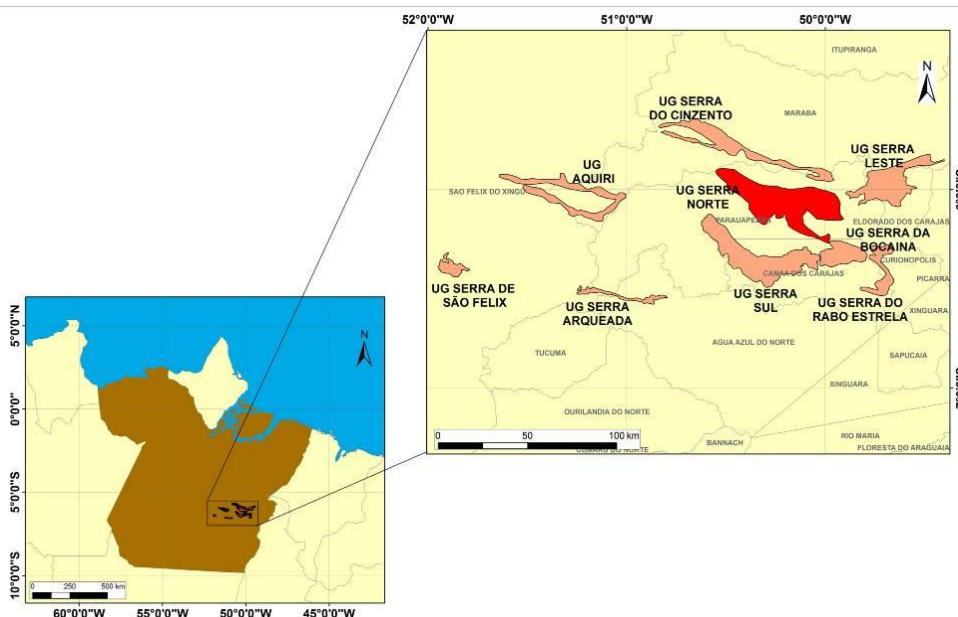


Figura 1 - Localização da área de estudo

Para se avaliar influência da presença de corpos d'água na caverna sobre a riqueza de espécies e riqueza de troglóbios foram realizados Box-plots e Testes Z. O teste Z é similar ao teste *t*, no entanto, por conter mais que 30 amostras, este teste é mais adequado. Considerou-se como corpos d'água cursos de água perenes e poças de água perenes.

Regressões lineares simples foram realizadas para identificar a relação ente a projeção horizontal (PH), volume e área na riqueza total de espécies. Todas as variáveis que não possuíam uma distribuição normal foram transformadas até obter uma distribuição que permitisse sua análise.

Por fim, uma análise de correlação canônica (CCA) foi realizada a fim de estabelecer o relacionamento entre o agrupamento das variáveis riqueza e riqueza de troglóbios com o agrupamento das variáveis “projeção horizontal”, área, presença de zona afótica e altitude das cavidades.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A riqueza média das cavernas estudadas é de 60,83 ($\pm 26,4$) espécies, sendo que a média de espécies troglóbias foi de 1,57 ($\pm 2,14$) espécies. Souza-Silva e colaboradores (2011) identificaram uma riqueza média consideravelmente inferior (37,5 $\pm 20,96$) em cavernas ferríferas inseridas no bioma de Mata Atlântica. Ressalta-se, no entanto, que o presente estudo inclui espécies encontradas em duas campanhas de amostragem, enquanto que o estudo de Souza-Silva e colaboradores (2011) incluía apenas resultados obtidos em um evento único de coleta. Um grande número de espécies é encontrado em regiões de entrada de cavernas e que podem ter uma grande variabilidade entre uma amostragem e outra, contribuindo para a elevação na riqueza total do presente estudo.

Das 169 cavernas avaliadas, 31 possuem corpos d'água perenes. A riqueza de espécies em cavernas onde existem corpos d'água perenes difere significativamente daquela em cavernas sem corpos d'água perenes ($z = 3,49, p < 0,01$), sendo maior no primeiro caso (Figura 2). Da mesma forma a riqueza de troglóbios difere significativamente em cavernas com e sem a presença permanente de corpos d'água ($z = 2,50, p < 0,01$), sendo maior em cavernas com corpos d'água permanentes (Figura 3).

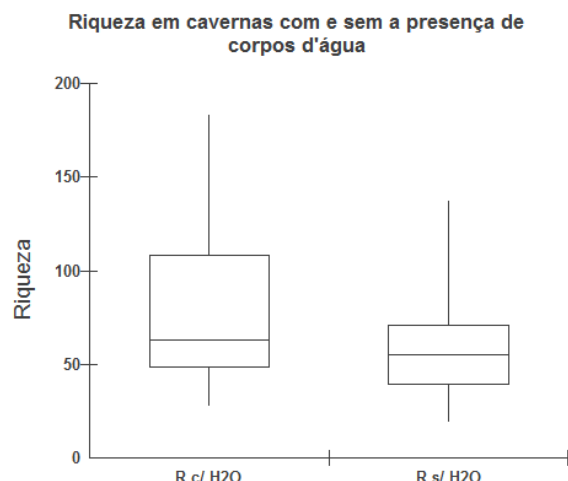


Figura 2: Box-plot das riquezas em cavernas com e sem a presença de corpos d'água perene.

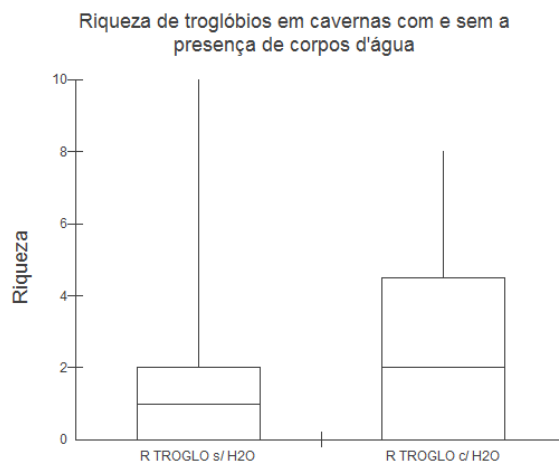


Figura 3: Box-plot da riqueza de espécies troglóbias em cavernas com e sem a presença de corpos d'água perene.

A ausência de produtores primários em cavernas, uma vez que cavernas são ambientes normalmente afóticos, limita os recursos alimentares àqueles importados do ambiente externo (folhas e guano, por exemplo) e as raízes que crescem a partir da vegetação externa (Culver 1982, Howarth 1983, Ferreira e Martins 1999, Souza Silva 2003). Normalmente a presença de um ambiente com umidade mais elevada facilita o processo de decomposição, disponibilizando os recursos alimentares aos organismos decompositores (Humphreys 1991). A maior riqueza de espécies nas cavernas que possuem água de forma contínua pode se dever à maior disponibilidade de recursos em comparação com as demais. As cavernas presentes em litologias ferríferas, principalmente no contato com Canga, possuem grande abundância de raízes provenientes de árvores e arbustos localizados na superfície (Ferreira 2005, Souza-Silva *et al.* 2011).

Na região de Carajás, o período seco é relativamente marcante e a maioria das cavernas é seca, tendo maior disponibilidade hídrica nas estações chuvosas (Piló e Auler 2009). Assim, a maior parte das raízes presentes nas cavernas normalmente morre no período de estiagem. Cavernas com corpos d'água perenes possibilitam que estas raízes permaneçam continuamente vivas ou por um maior período, o que leva a uma maior disponibilidade de recursos alimentares e consequentemente, maior riqueza de espécies.

Regressões lineares mostram uma relação significativa de riqueza total de espécies com a projeção horizontal ($f = 241,3$, $r^2 = 0,59$, $p < 0,01$) (Figura 4) e área das cavidades ($f = 212,0$, $r^2 = 0,56$, $p < 0,01$) (Figura 5).

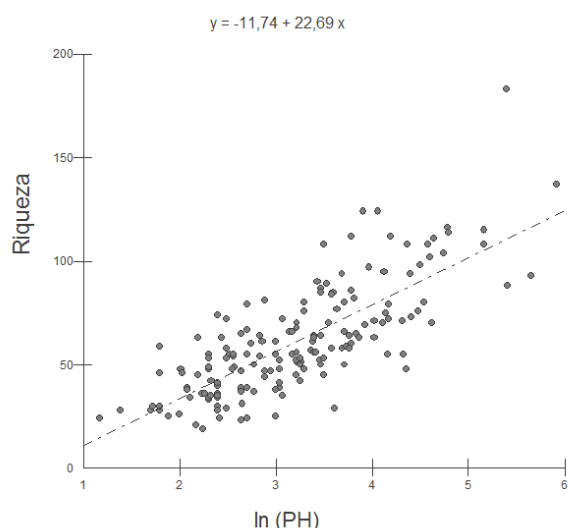


Figura 4: Regressão linear entre riqueza de espécies e projeção horizontal das cavidades. As projeções horizontais foram transformadas para normalizar os dados.

Esta mesma relação foi identificada por Souza-Silva e colaboradores (2011) em cavernas em litologias ferríferas na região sudeste do Brasil. As altas riquezas de espécies presentes em cavernas ferruginosas quando comparadas a cavernas de outras litologias pode se dever à presença de canalículos que se estendem pela rocha, aumentando a disponibilidade de habitats (Ferreira 2005, Souza-Silva 2011). Da mesma forma, o aumento nas dimensões das cavidades (neste caso expressa pela projeção horizontal e área) aumenta a disponibilidade de microhabitats e/ou recursos, permitindo a ocupação por um número maior de espécies (Ferreira 2004).

A forte correlação entre a riqueza total e riqueza de espécies troglóbias com as variáveis

abióticas associadas à dimensão das cavidades (área e volume) e presença de água nas cavernas pode ser mais uma vez identificada pela análise de correlações canônicas (R canônico = 0,82, $x^2 = 214,96$ com $gl = 10$, $p < 0,01$). A correlação significativa entre a presença de zona afótica na caverna e de riqueza total e de troglóbias (Tabela 1) pode se dever meramente ao fato de cavernas maiores terem zona afótica, enquanto cavernas menores podem não ter zona afótica.

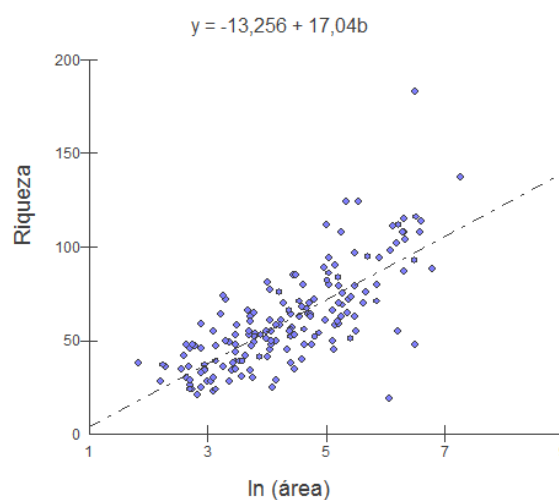


Figura 5: Regressão linear entre riqueza de espécies e a área das cavidades. As áreas foram transformadas para normalizar os dados.

Tabela 1. Matriz de correlação entre as variáveis da análise de correlação canônica.

	Riqueza Total	Riqueza de Troglóbios
In PH	0,748 ($p < 0,01$)	0,611 ($p < 0,01$)
In Área	0,769 ($p < 0,01$)	0,677 ($p < 0,01$)
Zona Afótica	0,464 ($p < 0,01$)	0,594 ($p < 0,01$)
Presença de H2O	0,261 ($p < 0,01$)	0,224 ($p < 0,01$)

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos sobre a biologia de cavernas associadas à litologias ferríferas ainda são escassos. As alterações na legislação espeleológica brasileira foram concebidas em um cenário onde quase todo o conhecimento bioespeleológico baseava-se em estudos realizados em cavidades carbonáticas. Desta forma, as peculiaridades biológicas dos sistemas cavernícolas associados à litologias ferríferas não foram incluídas. A divulgação de informações pertinentes a este cenário contribui para aumentar o entendimento do funcionamento dos sistemas cavernícolas em litologias ferríferas, fomentando a

base do conhecimento e permitindo uma melhor avaliação frente à legislação atual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AULER A. S. & L. B. PILÓ. 2005. Introdução às cavernas em minério e ferro e canga. *O Carste*.17(3):70-72.
- AULER A. S. 2006. Relevância de cavidades naturais subterrâneas: contextualização, impactos ambientais e aspectos jurídicos. Relatório técnico, Ministério de Minas e Energia (MME) Brasília, 166 pp. <http://www.mme.gov.br>
- AULER, A S. 2002. Karst areas in Brazil and the potential for major caves - An overview. *Bolletim da Sociedade Venezolana de Espeleologia*.(36): 29-35.
- CULVER D.C. (1982) *Cave Life. Evolution and Ecology*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- CULVER, D.C. & PIPAN, T. (2009) *The biology of caves and other subterranean habitats*. Library of Congress Cataloging in Publication Data, Oxford University Press, Oxford.
- CULVER D. C. & W. B. WHITE 2004. Encyclopedia of caves. Publisher Elsevier Academic Press, 654 pp
- CUNHA JR., W.R.; ATZINGEN, N.V. & CRESCENCIO, G. Estudos espeleológicos na Serra dos Carajás, município de Parauapebas – PA. *Anais do 29º Congresso Brasileiro de Espeleologia*. Ouro Preto, MG. Páginas 97 a 103.
- FERREIRA R. L. 2004. *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, 158pp.
- FERREIRA R. L. & MARTINS R. P. (1999) Trophic structure and natural history of bat guano invertebrate communities, with special reference to Brazilian caves. *Tropical Zoology*, 12: 231–52.
- GILLIESON D. 1996. *Caves: processes, development and management*. Blackwell Publishers Inc., 324 pp.
- GUNN J (2005) *Encyclopedia of caves and karst science*. Taylor & Francis Books Inc, New York
- HOWARTH F.G. (1983) Ecology of cave arthropods. *Annual Review of Entomology*, 28: 365-389.
- HUMPHREYS W.F. (1991) Experimental re-establishment of pulse-driven population in a terrestrial troglobite community. *Journal of Animal Ecology* 60: 609-623.
- IBAMA, 2004 Plano de manejo para uso múltiplo da Floresta Nacional de Carajás.
- PILÓ L. B. & A. S. AULER. 2005. Cavernas em minério de ferro e canga de capão Xavier, quadrilátero ferrífero, MG. *O Carste*. Vol.17(3):92-105.
- PILÓ L. B. & A. S. AULER. 2009. Geoespeleologia das cavernas em rochas ferríferas da região de Carajás, PA. *Anais do 30º Congresso Brasileiro de Espeleologia*. Montes Claros, MG. Páginas 181 a 186.
- SECO, R.S. & MESQUITA, A.I. 1983. Notas sobre a vegetação de canga da Serra Norte. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi, Nova Serie Botânica*, 59:1-13.



- SOUSA-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* (30 April 2011), pp. 1-17. doi:10.1007/s10531-011-0057-5.
- SOUZA-SILVA M. (2003) *Influência da disponibilidade e consumo de detritos na composição e estrutura de mesofauna cavernícola*. Dissertação de mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 80pp.
- SOUZA-SILVA, M. 2008. *Ecologia e conservação das comunidades de invertebrados cavernícolas na Mata Atlântica Brasileira*. 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, 224pp.