



## ANAIS do 34º Congresso Brasileiro de Espeleologia

Ouro Preto SP, 13-18 de junho de 2017 - ISSN 2178-2113 (online)



O artigo a seguir é parte integrando dos Anais do 34º Congresso Brasileiro de Espeleologia disponível gratuitamente em [www.cavernas.org.br/34cbeanais.asp](http://www.cavernas.org.br/34cbeanais.asp)

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

BERNARDI, L. F. O.; *et al.*. Considerações sobre as condições climáticas (temperatura e a umidade do ar) em cavidades naturais ferruginosas de Carajás, Parauapebas, Pará. In: RASTEIRO, M.A.; TEIXEIRA-SILVA, C.M.; LACERDA, S.G. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 34, 2017. Ouro Preto. *Anais...* Campinas: SBE, 2017. p.289-295. Disponível em: <[http://www.cavernas.org.br/anais34cbe/34cbe\\_289-295.pdf](http://www.cavernas.org.br/anais34cbe/34cbe_289-295.pdf)>. Acesso em: *data do acesso*.

A publicação dos Anais do 34º CBE contou com o apoio do Instituto Brasileiro de Mineração. Acompanhe a cooperação SBE-IBRAM em [www.cavernas.org.br/sbe-ibram](http://www.cavernas.org.br/sbe-ibram)

Esta é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia.  
Consulte outras obras disponíveis em [www.cavernas.org.br](http://www.cavernas.org.br)



**IBRAM** 40 anos  
INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO  
Brazilian Mining Association  
Câmara Mineira de Brasil

## CONSIDERAÇÕES SOBRE AS VARIAÇÕES CLIMÁTICAS EM CAVERNAS FERRUGINOSAS DE CARAJÁS, PARAUAPEBAS, PARÁ *CONSIDERATIONS ON THE CLIMATE CHANGES IN IRON-ORE CAVES FROM CARAJÁS, PARAUAPEBAS, PARÁ*

Leopoldo Ferreira de Oliveira BERNARDI (1), Juliana MASCARENHAS (2), Tatiana Marcela de Oliveira BEZERRA (3), Lívia Dorneles AUDINO (2), Carlos Henrique SENA (4), Luana da SILVA (1)

(1) Bolsista Capes – PNPd, Universidade Federal de Lavras/Setor de Ecologia, Lavras, Lavras MG.

(2) Pesquisador independente.

(3) Vale S/A - Diretoria de Ferrosos Norte - Gerência de Meio Ambiente Ferrosos Norte, Rio de Janeiro RJ.

(4) Biocenose Consultoria Ambiental, Sete Lagoas MG.

Contatos: [leopoldobernardi@gmail.com](mailto:leopoldobernardi@gmail.com); [tatiana.bezerra@vale.com](mailto:tatiana.bezerra@vale.com).

### Resumo

Para melhor entender o ecossistema subterrâneo é importante avaliar como funcionam as variações climáticas deste local. Assim, neste trabalho foram medidos a temperatura e a umidade do ar em cinco cavidades, tanto em suas entradas como no seu terço final. Essas avaliações foram realizadas através de “dataloggers”, que foram deixados nas cavidades por aproximadamente um mês, realizando medições de hora em hora. Além disso, esses dados foram comparados com os valores de temperatura e umidade do meio epígeo. Os resultados mostram que, geralmente, as regiões de entrada tendem a apresentar uma amplitude maior dos parâmetros climáticos que as regiões distais. Contudo, ao comparar as cavidades com o meio epígeo, verificou-se que a poucos metros da entrada das cavidades já existe um isolamento climático acentuado, e os valores de temperatura e umidade do ar sofrem variações muito pequenas. As cavidades devem funcionar como um “tampão”, onde as variações climáticas são minimizadas. Em cavidades onde as dimensões da entrada são reduzidas, pode ocorrer um isolamento ainda maior, e as variações de alguns parâmetros climáticos podem ser mínimos, semelhantes aos das regiões distais.

**Palavras-Chave:** temperatura; umidade do ar; clima cavernícola.

### Abstract

*To better understand the subterranean ecosystem, it is important to evaluate the climatic variations of this environment. Thus, in this study it was measured the temperature and humidity of five caves, in both their entrances and distal regions. These evaluations were carried out using dataloggers, that were left inside the caves for about one month, performing measurements every hour. Additionally, these data were compared with the temperature and humidity values of the epigeal environment. The results show that, generally, entrance regions present higher amplitude of the climatic parameters in relation to distal regions. However, when caves were compared to the epigeal environment, it was found that even in a few meters from the cave's entrance there is an accentuated climatic isolation, with temperature and humidity values suffering very small variations. Caves can work like a “buffer”, where climatic variations are minimized. In caves where entrance dimensions are reduced, it can occur an even greater isolation, and the variation of some climatic parameters can be minimum, similar to the distal regions.*

**Key-words:** temperature; moisture; cave climate.

### 1. INTRODUÇÃO

As cavidades naturais subterrâneas possuem de forma geral, diversas particularidades marcantes em seu ecossistema, tanto relacionados aos fatores bióticos e abióticos, quanto aquelas que surgem a partir da interação desses elementos. Um dos pontos comuns a diversos ambientes cavernícolas está relacionado à incidência luminosa nestes locais e às variações de temperatura e umidade. Por serem

ambientes subterrâneos, a luz geralmente incide de forma indireta em seu interior, sendo a porção clara, na maior parte das vezes, restrita somente as imediações de suas entradas. Em certos locais, principalmente em regiões mais profundas, o ambiente é completamente afótico. O isolamento e a ausência de luz, muitas vezes fazem com que o ambiente cavernícola seja mais estável, tendo pouca variação nos valores de temperatura e umidade observados em seu interior (BARR; KUEHNE,

1971). Um dos aspectos essenciais para o entendimento do ecossistema cavernícola passa pela compreensão do funcionamento das variações climáticas do ambiente subterrâneo (FREITAS, 2010; FREITAS; LITTLEJOHN, 1987). Apesar de já existirem muitos estudos relacionados a esta temática, grande parte deles é relacionada a cavernas inseridas em rochas carbonáticas, ou então, tem a intenção de entender os efeitos turísticos no ambiente subterrâneo (e.g. BERNARDI; SOUZA-SILVA; FERREIRA, 2011; FREITAS, 2010; FREITAS; LITTLEJOHN, 1987; LIMA; MORAIS, 2006). Neste trabalho tivemos o objetivo de descrever as variações climáticas presentes em cavernas situadas em rochas ferruginosas, além de comparar os resultados obtidos com o ambiente epígeo. Cavernas ferruginosas são um tipo de ambiente subterrâneo ainda pouco estudado no Brasil, e que carece de uma caracterização adequada de seu clima.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Área de estudo

O local do presente estudo está inserido na Floresta Nacional de Carajás, sudeste do Estado do Pará, uma região onde estão localizadas inúmeras cavidades naturais subterrâneas, que se desenvolvem em rochas ferruginosas. Para este estudo foram escolhidas cinco cavidades, com projeção horizontal maior que 100 metros e de fácil acesso (Tabela 1).

### 2.2 Variáveis climáticas

A duração do monitoramento ambiental nas quatro cavidades não foi o mesmo, variando de acordo com a disponibilidade do uso dos equipamentos e do acesso as áreas, sendo as leituras feitas em períodos que variaram de 10 até 52 dias

(Tabela 2). Para as medições foi utilizado um dispositivo do tipo “*datalogger*”, da marca *Novus*, modelo *LogBox-RHT-LCD*. Foram posicionados dois equipamentos em cada cavidade, sendo um deles no primeiro terço da cavidade, há aproximadamente 4 m da linha d’água, em região de penumbra clara, e o segundo no terço mais distal no interior do ambiente hipógeo. Cada sensor foi programado para registrar as alterações climáticas do ambiente subterrâneo pela medida das variações na temperatura e umidade relativa do ar em intervalos de 1 hora.

Os sensores foram instalados nas cavidades dentro de uma estrutura para evitar que estes sofressem danos físicos durante o período do experimento, e ficaram expostos as variações climáticas do ambiente cavernícola entre os meses de novembro de 2015 e março de 2016, havendo períodos distintos de leitura para cada uma das cavidades (Tabela 2). Deve-se notar que o período de estudo compreende a estação chuvosa no norte do Brasil, e na região de Carajás os valores de precipitação local variaram de 105 mm de chuva mensais, registrados em novembro de 2015, até 471 mm em março de 2016.

Os resultados obtidos com as leituras dos dados climáticos cavernícola pelos aparelhos do tipo “*datalogger*”, foram recolhidos utilizando um leitor infravermelho acoplado a um computador portátil (Figura 1).

Para que fosse possível fazer comparações entre os valores obtidos no meio subterrâneo e aqueles observados no ambiente epígeo, foram utilizados os dados de temperatura e umidade relativa do ar coletados através de estações meteorológicas fixas, posicionadas na cidade de Marabá, Pará (INMET 2017). Este município é a localidade mais próxima da área de estudo, onde estão presentes pontos de medição realizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

**Tabela 1:** Relação das cavidades definidas para o monitoramento de condições climáticas (temperatura e umidade relativa do ar), localizadas na Floresta Nacional de Carajás, Pará. (Alt: Altitude; PH: Projeção Horizontal; Vol: Volume).

Cavidade	E	N	Alt.	PH (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Vol. (m <sup>3</sup> )
N4E_022	592099	9332983	586	175	715	1550
N4E_033	592951	9332279	638	120,4	728,1	2184,5
N4WS_015	589697	9329382	688	372	1420	2315
N4WS_067	589452	9328690	584	216	707,5	1698
N5S_011	596301	9325116	713	104	452	1104,9

O Datum utilizado nas coordenadas geográficas é SAD-69, Zona 22S.

**Tabela 2:** Período de obtenção dos dados pelos aparelhos “datalogger” instalados em cada uma das cinco cavidades estudadas, e período de coleta de dados do meio externo (INMET) utilizado no estudo.

Cavidade	Período			
	Hora	Início Data	Hora	Final Data
N4E_0022	18:00	15.jan.2016	13:00	02.mar.2016
N4E_033	0:00	23.nov.2015	15:00	02.dez.2015
N4WS_015	0:00	21.nov.2015	9:00	16.dez.2015
N4WS_067	0:00	20.nov.2015	15:00	16.jan.2016
N5S_011	18:00	18.nov.2015	3:00	12.dez.2015
Epígeo	0:00	20.nov.2015	18:00	02.mar.2016



**Figura 1:** Coleta de dados de temperatura e umidade relativa do ar realizada no interior da cavidade N4WS-067.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Geralmente, cavidades subterrâneas são compostas por diferentes zonas, onde se podem encontrar variações bastante peculiares de certos parâmetros ambientais, tais como temperatura, umidade, concentração de dióxido de carbono no ar, e também luminosidade (BARR; KUEHNE, 1971; CULVER, 1982; FERNÁNDEZ-CORTÉS et al., 2006; HOWARTH; STONE, 1990). Através da leitura da temperatura e umidade relativa do ar obtida pelos equipamentos “datalogger” foi observado que as amplitudes climáticas nas regiões de entrada são geralmente maiores que aquelas das regiões distais (Tabela 3 e 4) (Figura 2 e 3). Era esperado encontrar esse resultado, já que as regiões próximas a entrada são consideradas zonas de ecótono, sofrendo uma maior influência do meio epígeo. As áreas próximas das entradas tendem a sofrer oscilações climáticas maiores que as porções mais internas, e em alguns casos, podem acompanhar as oscilações climáticas do meio epígeo circundante (MOREIRA; TRAJANO, 1992;

PROUS et al., 2016). Resultados semelhantes aos encontrados nas cavernas ferruginosas aqui estudadas foram obtidos em três cavernas areníticas, da província espeleológica de Altamira-Itaituba, também no estado do Pará, por MOREIRA e TRAJANO (1992), em cavernas de ferruginosas no município de Palmas, em Tocantins, observados por FERREIRA (2005), e em quatro cavidades ferruginosas no estado do Pará (PROUS et al., 2016).

Um resultado que deve ser destacado são os valores de umidade relativa do ar obtidos na cavidade N4E\_033. Neste local foram observadas variações mínimas de umidade, tanto próximos a entrada, com amplitude de 0,9, como na região distal, com oscilação de 0,3. Esta cavidade é um caso particular, pois a sua entrada é estreita, com formato de ogiva, e com uma largura um pouco maior que 1,5 m e altura menor que 1,5 m. Este formato provavelmente causa um isolamento maior em relação ao meio epígeo, fazendo com que a região de entrada apresente valores de umidade semelhantes ao da região distal. As demais cavidades têm entradas amplas, onde pode haver grande circulação de ar, deixando esta região inicial mais suscetível as variações climáticas do meio epígeo. Estes resultados demonstram que até mesmo cavidades localizadas próximas geograficamente podem apresentar características climáticas distintas. Isso acontece porque as particularidades morfológicas de cada sistema subterrâneo podem influenciar os parâmetros climáticos (FERNÁNDEZ-CORTÉS et al., 2006; FREITAS; LITTLEJOHN, 1987; HOWARTH; STONE, 1990).

Apesar da região de entrada das cavidades apresentarem uma maior amplitude nos valores de temperatura e umidade do ar, estes locais mostraram-se mais estáveis em relação ao ambiente epígeo. As maiores amplitudes térmicas observadas nas cavidades não passaram de 3°C, e a umidade relativa teve uma variação de 26%. No ambiente epígeo estas variações foram de 9°C e 52%. Isso mostra que mesmo a poucos metros da entrada das

cavidades, em locais bastante iluminados, ocorre um isolamento climático acentuado, e a cavidade já funciona como um “tampão”, onde as variações climáticas são minimizadas.

Cada cavidade apresenta uma oscilação única nos valores de temperatura e umidade do ar, e isso pode ocorrer tanto pelas particularidades morfológicas de cada cavidade como pelas trocas gasosas entre o meio epígeo e hipógeo (FERNÁNDEZ-CORTÉS et al., 2006; FREITAS; LITTLEJOHN, 1987; HOWARTH; STONE, 1990; PROUS et al., 2016).

O estudo das variações climáticas em cavidades subterrâneas é um importante passo para que se possa entender os processos espeleogenéticos

e o funcionamento do ecossistema cavernícola. Este tipo de estudo é especialmente importante para as cavidades inseridas em rochas ferruginosas da região de Carajás, onde existe um grande número de espécies troglomórficas, tais como: besouros, aranhas, diplópodos, entre outros (e.g. BRESCOVIT; SÁNCHEZ-RUIZ, 2016; CAMPOS-FILHO; ARAUJO, 2011; INIESTA; FERREIRA, 2013; PELLEGRINI; FERREIRA, 2011). O entendimento sobre os padrões climáticos das cavidades pode ajudar a compreender os padrões de distribuição de algumas espécies, porque é conhecido que estes parâmetros ambientais podem influenciar a distribuição e ocorrência de organismos troglomórficos (HOWARTH; STONE, 1990).

**Tabela 3:** Valores mínimos (Mín.), máximos (Máx.) e a média da temperatura do ar obtidos durante as leituras feitas pelos aparelhos “datalogger” instalados em cada uma das cinco cavidades estudadas.

Cavidade	Temperatura (°C)					
	Região de entrada			Região distal		
	Mín.	Máx.	Média	Mín.	Máx.	Média
N4E_022	22,9	24,2	23,44	23	23,1	23,04
N4E_033	20,9	23,4	22,41	23,4	23,5	23,41
N4WS_015	22,7	23,4	23,28	23,4	23,8	23,65
N4WS_067	23	24,9	23,85	25,8	26,2	25,9
N5S_011	21,3	22,1	22,66	22,1	22,6	22,4

**Tabela 4:** Valores mínimos (Mín.), máximos (Máx.) e a média da umidade relativa do ar obtidos durante as leituras feitas pelos aparelhos “datalogger” instalados em cada uma das cinco cavidades estudadas.

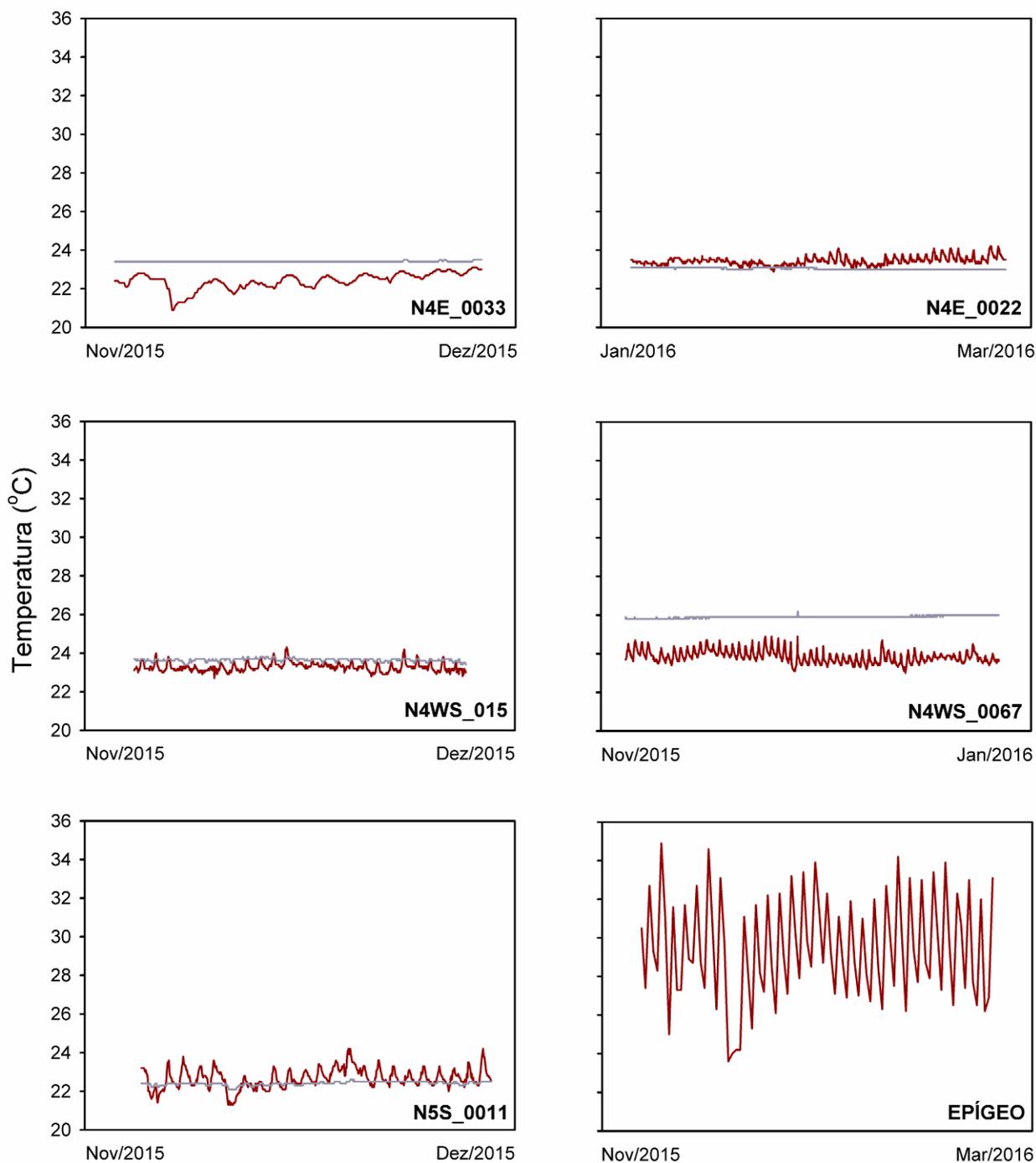
Cavidade	Umidade (%)					
	Região de entrada			Região distal		
	Mín.	Máx.	Média	Mín.	Máx.	Média
N4E_022	92,4	100	98,76	100	100	100
N4E_033	99,1	100	99,99	99,7	100	99,99
N4WS_015	94,4	100	98,67	99,4	100	99,97
N4WS_067	73,5	98,8	93,8	98,1	100	99,99
N5S_011	86,5	99,7	95,03	100	100	100

**Tabela 5:** Valores mínimos (Mín.), máximos (Máx.) e a média da temperatura do ar obtidos em cada uma das cinco cavidades estudadas.

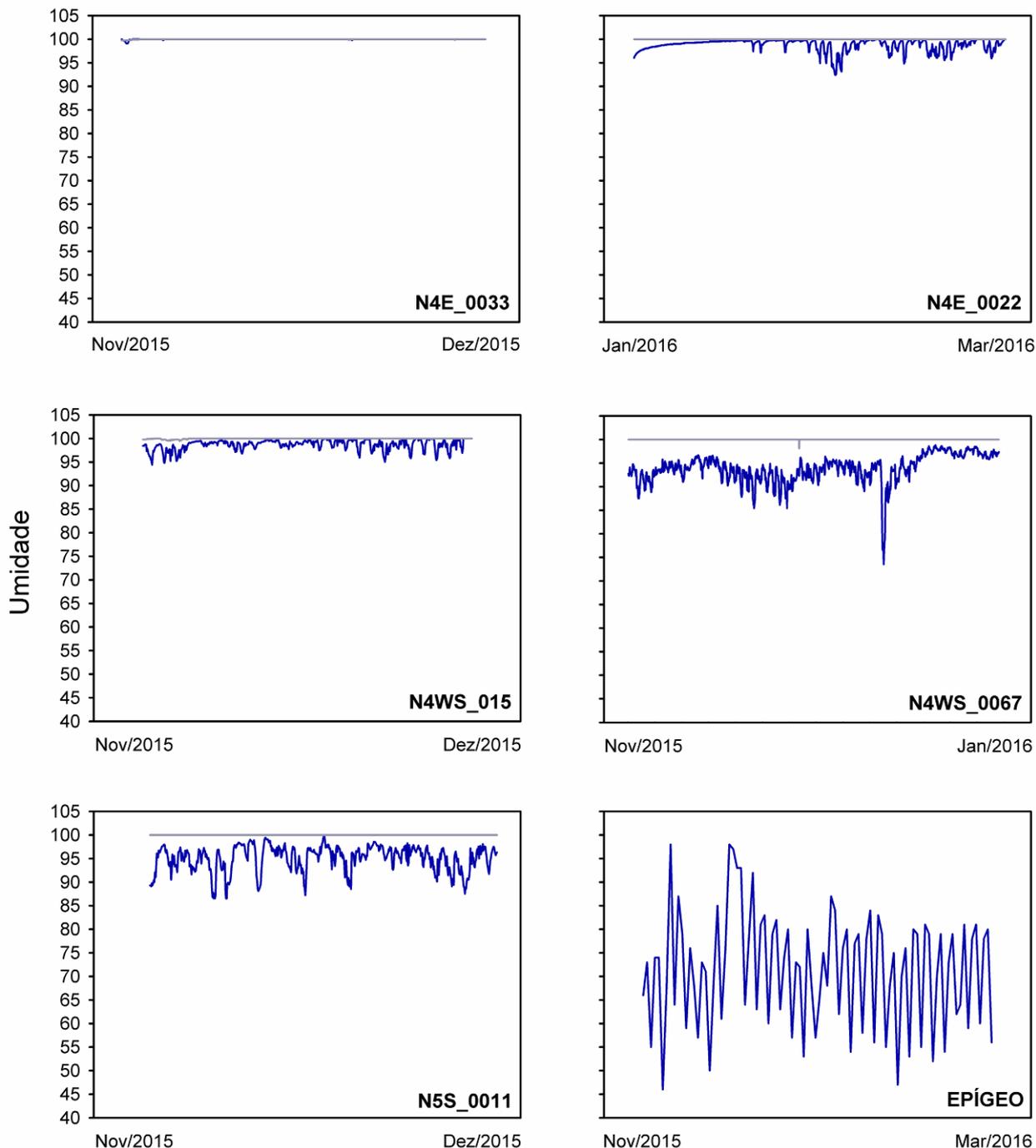
Cavidade	Amplitude			
	Temperatura (°C)		Umidade (%)	
	Região de entrada	Região distal	Região de entrada	Região distal
N4E_022	1,3	0,10	7,60	0
N4E_033	2,20	0,10	0,90	0,30
N4WS_015	1,60	0,40	5,60	0,60
N4WS_067	1,90	0,40	25,30	1,90
N5S_011	2,90	1,50	13,20	0,00

**Tabela 6:** Valores mínimos (Mín.), máximos (Máx.) e a média da temperatura e da umidade relativa do ar obtidos no meio epígeo através de leituras de estações meteorológicas fixas na região.

Temperatura (°C)				Umidade (%)			
Mín.	Max.	Média	Amplitude	Mín.	Max.	Média	Amplitude
24	33	29,45	9	46	98	71,54	52



**Figura 2:** Variações nos valores de temperatura do ar obtidos durante as leituras dos aparelhos “datalogger” no meio hipógeo e de estação meteorológica fixa no meio epígeo.



**Figura 3:** Variações nos valores de umidade relativa do ar obtidos durante as leituras dos aparelhos “datalogger” no meio hipógeo e de estação meteorológica fixa no meio epígeo.

#### 4. CONCLUSÃO

As condições climáticas em porções mais profundas das cavidades apresentaram menor variação, sendo mais estáveis do que em regiões próximas as entradas. Porém, as amplitudes térmicas e as variações na umidade nas cavidades, mesmo em regiões de entrada, foram sempre menores que as observadas no ambiente epígeo.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecimento pelo auxílio dado por Reginaldo Marins e Paulo Leite durante as atividades de campo, e pelas empresas VALE S.A pelo apoio financeiro e fomento à pesquisa e Brandt Meio Ambiente pelo apoio logístico durante as atividades na Floresta Nacional de Carajás.

## REFERÊNCIAS

- BARR, T. C.; KUEHNE, R. A. Ecological studies in the Mammoth Cave ecosystems of Kentucky. II. The ecosystem. *Annales de Spéléologie*, v. 26: 47–96, 1971.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Disponível em: [www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br). Acesso em: 29 mar. 2016.
- BERNARDI, L. F. O.; SOUZA-SILVA, M.; FERREIRA, R. L. Efeitos do uso turístico sobre cavidades subterrâneas artificiais: subsídios para o uso antrópico de sistemas subterrâneos. *Tourism and Karst Areas*, v. 4, n. 2, p. 71–88, 2011. Disponível em: [http://www.cavernas.org.br/ptpc/tka\\_v4\\_n2\\_071-088.pdf](http://www.cavernas.org.br/ptpc/tka_v4_n2_071-088.pdf).
- BRESCOVIT, A. D.; SÁNCHEZ-RUIZ, A. Descriptions of two new genera of the spider family Caponiidae (Arachnida, Araneae) and an update of *Tisentnops* and *Taintnops* from Brazil and Chile. *ZooKeys*, v. 622, p. 47–84, 2016.
- CAMPOS-FILHO, I. S.; ARAUJO, P. B. Two new troglobitic species of Scleropactidae (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) from Pará, Brazil. *Nauplius*, v. 19, n. 1, p. 27–39, 2011.
- CULVER, D. C. **Cave Life**. Massachusetts & London: Harvard University Press, 1982.
- FERNÁNDEZ-CORTÉS, A. et al. Microclimate processes characterization of the giant Geode of Pulpí (Almería, Spain): Technical criteria for conservation. *International Journal of Climatology*, v. 26, n. 5, p. 691–706, 2006.
- FERREIRA, R. L. A vida subterrânea nos campos ferruginosos. *O Carste*. V. 17, N. 3, p. 106–115, 2005
- FREITAS, C. R. The role and importance of cave microclimate in the sustainable use and management of show caves. *Acta Carsologica*, v. 39, n. 3, p. 477–489, 2010.
- FREITAS, C. R.; LITTLEJOHN, R. N. Cave climate: assessment of heat and moisture exchange. *Journal of Climatology*, v. 7, p. 553:569, 1987.
- HOWARTH, F. G.; STONE, F. D. Elevated carbon dioxide levels in Bayliss Cave, Australia: implications for the evolution of obligate cave species. *Pacific Science*, v. 44, n. 3, p. 207–218, 1990.
- INIESTA, L. F. M.; FERREIRA, R. L. The first troglobitic *Pseudonannolene* from Brazilian iron ore caves (Spirostreptida: Pseudonannolenidae). *Zootaxa*, v. 3669, n. 1, p. 85–95, 2013.
- LIMA, T. F.; MORAIS, M. S. DE. Contribuições para o desenvolvimento de plano de manejo em ambiente cavernícola - Gruta do Maquiné: um estudo de caso. *Geonomos*, v. 14, n. 1,2, p. 45–53, 2006.
- MOREIRA, J. R. A.; TRAJANO, E. Estudo de topo-clima de cavernas da Província Espeleológica arenítica Altamira-Itaituba, Pará. *Espeleo-tema*, v. 16, p. 75–82, 1992.
- PELLEGRINI, T. G.; FERREIRA, R. L. *Coarazuphium tapiaguassu* (Coleoptera: Carabidae: Zuphiini), a new Brazilian troglobitic beetle, with ultrastructural analysis and ecological considerations. *Zootaxa*, v. 3116, p. 47–58, 2011.
- PROUS, X. et al. **Variation of temperature and air relative humidity in four iron ore caves in Brazil**. (H. Bilandžija et al., Eds.). International Conference on Subterranean Biology. **Abstract book**. Fayetteville: International Society for Subterranean Biology, 2016.