

VARIAÇÃO DIÁRIA DE TEMPERATURA E UMIDADE EM DIFERENTES PONTOS DA CAVERNA FUNA FEIA

Saulo Tasso Araujo da Silva¹, José Espínola Sobrinho², George Bezerra Ribeiro³,
Leonardo Brasil de Matos Nunes⁴, Leonardo Lelis de Macedo Costa⁵

¹Meteorologista, D. Sc. em Meteorologia, Professor, Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
Mossoró, RN, saulo@ufersa.edu.br;

²Engenheiro Agrônomo, D. Sc. em Recursos Naturais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
Mossoró, RN, espinola@ufersa.edu.br;

³Engenheiro Eletricista, M. Sc. em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Tecnologista Sênior,
UFERSA/INPE, Mossoró, RN, george@ufersa.edu.br;

⁴Analista Ambiental, especialista em gestão e manejo ambiental em sistemas florestais, ICMBio,
Mossoró, RN, leonardo.nunes@icmbio.gov.br

⁵Médico Veterinário; D. Sc. em Ciência Animal, Professor, Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
Mossoró, RN, leolelis@ufersa.edu.br;

RESUMO: O estudo teve como objetivo caracterizar o microclima da caverna Furna Feia, localizada no Parque Nacional da Furna Feia, Mesorregião Oeste do Rio Grande do Norte. Para isso, em três pontos no interior da caverna foram instalados sensores de temperatura e umidade relativa, conectados a registradores automáticos. Os dados registrados foram comparados aos de uma estação meteorológica instalada na superfície, próximo à entrada da caverna. As temperaturas médias foram de 29,45; 28,86, 28,29 e 27,56°C, e a umidade relativa média foi de 52,25, 50,46, 81,47 e 83,46%, no ambiente externo, nos salões de entrada, adjacente e visitável, respectivamente. A caverna Furna feia é caracterizada por temperatura média do ar bastante estável e inferior ao valor médio diário registrado na superfície, com a amplitude reduzida conforme a distância da entrada, além disso apresenta “armadilha quente” em salão sem saída com altura superior. A umidade relativa apresenta valores elevados e estáveis no interior da caverna, aumentando de acordo com a distância das claraboias, onde há pequeno fluxo de energia.

PALAVRAS-CHAVE: microclima, espeleologia, ambiente cavernícola.

DAILY TEMPERATURE AND HUMIDITY VARIATION IN DIFFERENT POINTS OF FUNA FEIA CAVE

ABSTRACT: The aim of this study was to characterize the microclimate of Furna Feia cave, Located in the Furna Feia National Park, west region of Rio Grande do Norte state. For this, at three places inside the cave air temperature and relative humidity sensors connected on automatic recorders were installed. The recorded data were compared to those of a weather station installed on the surface near the entrance to the cave. Mean temperature were 29.45; 28.86; 28.29 and 27.56°C, mean relative humidity was 52.25; 50.46; 81.47 and 83.46 in surface, entrance, visitable and adjacent halls, respectively. Furna Feia cave is characterized by a fairly stable average air temperature and less than the average daily value registered on the surface, with the reduced amplitude according to the distance of the entrance, in addition it show "hot trap" in superior hall. Relative

humidity show high and stable values, increasing according to the distance of the skylights, where there is small flow of energy.

KEY-WORDS: Microclimate, speleology, cave environment.

INTRODUÇÃO

A Caverna da Furna Feia (coordenadas 5° 02' 12" S e 37° 33' 37" W), que dá nome ao Parque, é a maior e mais volumosa caverna do complexo, e também a que apresenta os maiores travertinos e escorrimentos calcínicos (BENTO; et al., 2013). A caverna tem projeção horizontal de 707,5 m e desnível de 30,0 m. Sua morfologia indica haver locais com níveis de fluxo de energia variados, entre médio e baixo, com predominância deste último, o que torna o estudo do seu microclima item para a definição de um plano de manejo da Unidade

Criado em 2012, Furna Feia é o primeiro parque nacional do Rio Grande do Norte e sua administração está a cargo do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

Segundo Banducci Jr & Lobo (2012), as cavernas apresentam-se como atrativos turísticos, despertando a atenção e o interesse crescente de diferentes categorias de visitantes. Assim, o espeleoturismo ou turismo em cavernas representa uma modalidade diferenciada de turismo que pode ser classificada ao mesmo tempo como turismo ecológico, científico e de aventura (VERÍSSIMO et al, 2005). Porém, para que seja possível a identificação de impactos de visitas sobre o ambiente dentro da caverna e a sua gestão, deve-se conhecer o seu microclima sem a ação antrópica (FREITAS, 2010). Desta forma o objetivo do estudo foi analisar a variação diária de temperatura e umidade relativa do ar em diferentes pontos da caverna Furna Feia.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram coletados na caverna da Furna Feia (coordenadas 05° 02' 12" S e 37° 33' 37" W), por um período de 48 horas, entre os dias 25 e 27 de setembro de 2016, dentro período seco para a região. Dataloggers dos modelos Campbell Scientific um CR10X, dois CR1000 e um CR3000, todos equipados com sensores de temperatura e umidade relativa do ar modelo Campbell Scientific HMP45C foram instalados no ambiente externo próximo à entrada da caverna e em três outros pontos, no seu interior: Num salão de entrada denominado “entrada”; num salão amplo denominado “salão visitável”, onde se encontram acessos a salões subterrâneos com fluxo de água; outro denominado “salão adjacente”, que se encontra em um nível mais alto e sem saída (Figura 1).

O sensor utilizado possui acurácia de $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$, para medições de temperatura entre 0 e 40°C, e de $\pm 2\%$ para medições de umidade relativa do ar entre 0 e 90%. Foram realizadas leituras a cada 5 segundos e registrados os valores médios a cada 10 minutos e a cada hora.

A análise de variância foi baseada no método dos quadrados mínimos (HARVEY, 1960). Utilizando-se o programa “R”, foi utilizado um delineamento inteiramente

casualizado (DIC) e aplicado o teste de Tukey (5%) para comparação das médias de temperatura e umidade relativa.

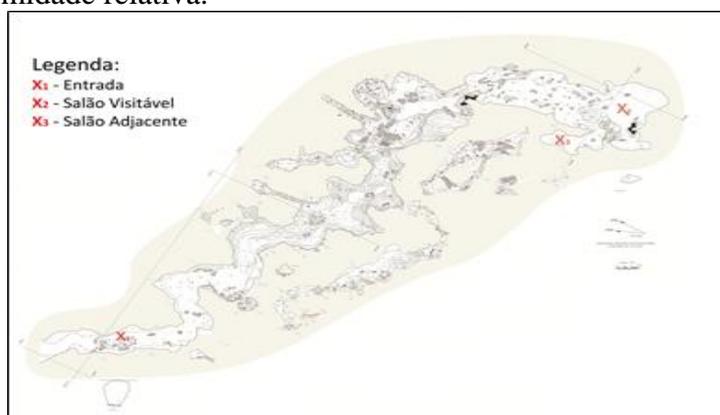


Figura 1: Mapa da caverna Furna Feia, com identificação dos pontos de monitoramento dos parâmetros microclimáticos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas tabelas 1 e 2 estão apresentados os valores estatísticos dos parâmetros avaliados, temperatura do ar e umidade relativa, onde constam as médias, máxima, mínima, amplitude e desvio padrão dos quatro ambientes observados: externo, entrada, salão visitável e salão adjacente.

Tabela 1: Tabela da temperatura do ar média, desvio, amplitude, máxima e mínima no ambiente externo e nos salões de entrada, visitável e adjacente da caverna Furna Feia.

	Média (°C)	Desvio	Amplitude (°C)	Mínimo (°C)	Máximo (°C)
Externo	29,45 ^a	4,05	13,70	23,61	37,31
Entrada	28,86 ^b	1,70	6,28	26,06	32,34
Adjacente	28,29 ^c	0,18	0,91	28,01	28,92
Visitável	27,56 ^d	0,05	0,53	27,46	27,99

Letras diferentes representam diferença estatística na coluna, $p < 0,05$.

A temperatura do ar no ponto externo à caverna apresentou maior média ($29,45 \pm 4,05^\circ\text{C}$), pois está sujeita as variações provocadas pela incidência de radiação solar, e apresentou grande amplitude ($13,7^\circ\text{C}$), o salão de entrada apresentou média de $28,96 \pm 1,70^\circ\text{C}$, temperatura intermediária entre a área externa e o salão visitável, que apresentou temperatura média mais baixa ($27,56 \pm 0,05^\circ\text{C}$), quando comparada aos outros ambientes, pois apresenta proximidade e comunicação com salões de níveis inferiores, onde se tem pouca variação de energia. Já o salão adjacente apresentou temperatura do ar ($28,29 \pm 0,18^\circ\text{C}$), intermediária entre o salão visitável e a entrada da caverna, observou-se que o salão adjacente, por ser mais elevado, não possuir claraboia e não apresentar saída, funciona com uma “armadilha quente” conforme definido por Cigna (2004), retendo o ar mais quente e, portanto, apresentando valores maiores de temperatura, devido aos movimentos convectivos que deslocam o ar menos denso para cima.

Os valores observados estão em consonância com Badino (2004) e Cigna (2004) que descrevem cavernas como ambientes quase fechados, nos quais as trocas de energia com o exterior são pequenas e dependem, essencialmente, do fluxo de água e de ar entre

“A Agrometeorologia na Solução de Problemas Multiescala”

a superfície e o interior da caverna e cuja temperatura interna é muito estável e tende ao valor médio da temperatura da atmosfera local.

Quanto à umidade relativa, Tabela 2, as menores médias apresentadas foram no ponto de entrada da caverna (50,46 ±8,25%) e na superfície, ambiente externo (52,25 ±15,52), onde foram registradas as maiores amplitudes (31,63 e 50,02%, respectivamente). O salão visitável apresentou umidade relativa média mais elevada (83,46 ±0,54%), esse valor, provavelmente, é mais elevado devido à proximidade com o acesso aos salões localizados em níveis inferiores, onde há fluxo de água. Já o salão adjacente apresentou umidade relativa média de 81,47 ±0,33%. Destaca-se o fato das amplitudes registradas nos salões visitável e adjacente (3,3 e 2,4%) serem extremamente baixos, demonstrando haver pouca troca de energia com o ambiente externo.

Tabela 2: Tabela da umidade relativa média, desvio padrão, amplitude, máxima e mínima no ambiente externo e nos salões de entrada, visitável e adjacente da caverna Furna Feia.

	Média (%)	Desvio	Amplitude (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Externo	52,25 ^c	15,52	50,02	22,35	72,37
Entrada	50,46 ^c	8,25	31,63	30,15	61,78
Adjacente	81,47 ^b	0,33	2,40	80,10	82,50
Visitável	83,46 ^a	0,54	3,3	81,50	84,80

Letras diferentes representam diferença estatística na coluna, $p < 0,01$.

Foram calculadas as médias horárias para todo o período e os dados foram dispostos em gráficos da variação de temperatura (°C) e da umidade relativa do ar (%) em função da hora do dia (Figuras 1.a e 1.b). Nestes pode-se observar a grande variação diária de temperatura e umidade relativa no ambiente externo e entrada, bem como uma grande estabilidade destas variáveis nos salões visitável e adjacente, verificando que as variações meteorológicas horárias na superfície refletem de forma muito reduzida o comportamento destas no interior da caverna.

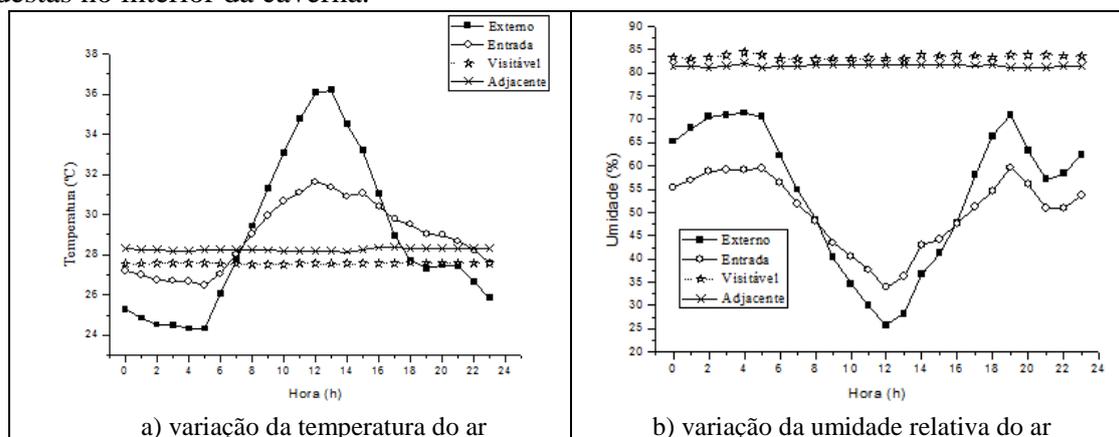


Figura 2: Gráfico da variação da temperatura do ar (a) e da umidade relativa (b), média a cada hora, no ambiente externo à caverna Furna Feia, na entrada e em seus salões visitável e adjacente.

“A Agrometeorologia na Solução de Problemas Multiescala”

Pode-se inferir que na Furna Feia o fluxo de ar com o ambiente externo, é limitado devido à própria morfologia da cavidade – que possui grande extensão, poucas claraboias e salões em vários níveis – o que contribui para à grande estabilidade nas variações do microclima interno.

CONCLUSÕES

A caverna Furna feia é caracterizada por uma temperatura média do ar bastante estável e inferior ao valor médio diário registrado em superfície, com a amplitude reduzida conforme a distância da entrada, além disso apresenta “armadilha quente” em salão sem saída em nível superior. A umidade relativa apresenta valores elevados e estáveis no interior da caverna, aumentando de acordo com a distância das claraboias, onde há pequeno fluxo de energia.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Chico Mendes – ICMBIO, pelo apoio logístico.

REFERÊNCIAS

BANDUCCI JÚNIOR, A.; LOBO, H. A. S.; Turismo em caverna e as representações do mundo subterrâneo, **Revista de Turismo y Patrimônio Cultural**, Tenerife-Espanha, v.43, n. 5, p. 585-594. 2012.

BADINO, G. Cave temperatures and global climatic change. **International Journal of Speleology**, Bologna, v.33, n.1, p.103-114, 2004.

BENTO, D.M.; et al.. o parque nacional com a maior quantidade de cavernas do Brasil. In: RASTEIRO, M.A.; MORATO, L. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 32, 2013. Barreiras. **Anais**. Campinas: SBE, 2013. p.31-43.

BADINO, G. Underground meteorology – “What’s the weather underground?”. **Acta Carsologica**, Postojna, v.39, n.3, p.427-448, 2010.

CIGNA, A.A. Climate of caves. In: GUNN, J. (Ed.) **Encyclopedia of caves and karst science**. London: Taylor & Francis, 2004. p.467-475.

FREITAS, C.R. de. The role and the importance of cave microclimate in the sustainable use and management of show caves. **Acta Carsologica**, Postojna, v.39, n.3, p.477-489, 2010.

VERÍSSIMO, C.U.V et al.. Espeleoturismo e microclima da gruta de Ubajara, CE. **Estudos Geológicos**, Recife, v.15, p.244-253, 2005.