

## CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA PRELIMINAR DA GRUTA DO MAROAGA: MUNICÍPIO DE PRESIDENTE FIGUEIREDO (AM)

Andre Zumak Azevedo Nascimento  
Universidade Federal do Amazonas  
andre\_zumak@yahoo.com.br

Deivison Carvalho Molinari  
Universidade Federal do Amazonas

### EIXO TEMÁTICO: CLIMATOLOGIA: POLÍTICA E CIÊNCIA

#### Resumo

Existem poucos estudos sobre o microclima de ambientes rupestres feitas no Brasil, com poucos trabalhos, como Furlan, Rock e Loghitano (2006) Caracterização do microclima da caverna cor-Parque Estadual Intervales, SP, e do estudo por Richardson (2009) sobre o microclima da caverna de vinhas no Vale do, Ribeira SP. De acordo com Furlan, Rocha e Longhitano (2007) estudo sobre o microclima é importante entender os fatores que limitam o desenvolvimento ea distribuição espacial da vida no ambiente de caverna, o desenvolvimento de espeleotemas e as mudanças provocadas pelo turismo. Ele também pode ajudar na compreensão dos processos de formação de cavernas ea mudança climática global. Considerando os poucos estudos sobre os microclimas das cavernas na Amazônia, este trabalho teve como objetivo caracterizar de forma preliminar, o microclima da caverna MAROAGA para entender melhor o zoneamento para isso e também se há mudanças no microclima com o uso do turismo.

**Palavras-Chave:** microclima, caverna e turismo.

#### Abstract

There are few studies on the microclimate of cave environments made in Brazil, with only a few works, like Furlan, Rock and Loghitano (2006) Characterization of Cave microclimate Color-Intervales State Park, SP, and the study by Richardson (2009) on the microclimate of the cave of vines in the Valley of the Ribeira, SP. According to Furlan, Rocha and Longhitano (2007) study on the microclimate is important to understand the factors limiting the development and spatial distribution of life in the cave environment, the development of espeleotemas and changes caused by tourism. It also may help in understanding the processes of formation of caves and global climate change. Considering the few studies on microclimates of caves in the Amazon, this paper is to characterize in a preliminary way the microclimate of the cave Maroaga to better understand the zoning for this and also whether there are changes in the microclimate with the use of tourism.

**Keys Words:** microclimate, cave and tourism.

#### Justificativa e Problemática

As cavidades naturais possuem de uma forma geral, uma dinâmica interna, composta por fatores bióticos e abióticos e suas inter-relações, estão intimamente relacionadas com o microclima que é proporcionado por estes ambientes tão peculiares (MORAIS e SOUSA, 2009).

São poucos os estudos sobre o microclima em ambientes de cavernas realizados no Brasil, possuindo somente alguns trabalhos, como o de Furlan, Rocha e Loghitano (2007) Caracterização microclimática da Gruta Colorida-Parque Estadual de Intervales, SP, e o estudo realizado por Rocha (2009) sobre o microclima da gruta do cipó no Vale do Ribeira de Iguape, SP.

Segundo Furlan, Rocha e Longhitano (2007) o estudo sobre o microclima é importante para compreender os fatores limitantes ao desenvolvimento e distribuição espacial da vida no ambiente cavernícola, o desenvolvimento dos espeleotemas e as alterações causadas pelo turismo.

Também podendo ajudar no entendimento dos processos de formação das cavernas e das mudanças climáticas globais.

Diante dos poucos estudos sobre microclimas de cavernas no Amazonas, este trabalho pretende caracterizar de forma preliminar o microclima da gruta do Maroaga para melhor compreensão da zonação deste e também para saber se há alterações no microclima com o uso turístico.

A caverna está inserida numa Área de Preservação Ambiental (APA) prevista no artigo 16º da Lei Complementar Nº. 53/2007 que constituiu o SEUC (Sistema Estadual de Unidades de Conservação) possui um Plano de Manejo. Tanto o Plano de Manejo como a APA são fatores importantes para realização do trabalho, uma vez que o estudo pode servir de subsidio para o Plano de Manejo da caverna e nortear diretrizes do uso da mesma, maximizando a conservação da área.

## **Objetivos**

Os objetivos deste artigo são: (1) caracterizar de forma preliminar o microclima da gruta do Maroaga no município de Presidente Figueiredo (AM); (2) identificar a temperatura e umidade no interior da gruta; (3) verificar a quantidade de pessoas que visitam a caverna e como ela (a caverna) se comporta em relação à variação do microclima.

## **Materiais e Métodos**

A gruta do Maroaga situa-se no Estado do Amazonas no município de Presidente Figueiredo, ao norte de Manaus próximo ao Km-7 da AM-240 que liga a BR-174 à Vila de Balbina (Figura 1), a região caracteriza-se por possui segundo Soares, Sarges e Nogueira (2001) um arcabouço litoestratigráfico constituído por (Figura 2): rochas pré-cambrianas vulcânicas e plutônicas, respectivamente, do Supergrupo Uatumã e da Suíte Intrusiva Mapuera; rochas sedimentares neoproterozóicas da Formação Prosperança; e rochas fanerozóicas da Bacia do Amazonas (NOGUEIRA e SARGES, 2001 *APUD* SOARES, SARGES e NOGUEIRA, 2001), que se acha

representada pelas formações paleozóicas Nhamundá, Pitinga, Manacapuru (Grupo Trombetas), Barreirinha (Grupo Curuá), e pela Formação Alter do Chão (Grupo Javari), de idade cretácica.

Os sedimentos cenozóicos da região abrangem as Coberturas neocenozóicas (HORBE *et al.* 1999 APUD SOARES, SARGES e NOGUEIRA, 2001) e os depósitos coluviais e aluviais quaternários.

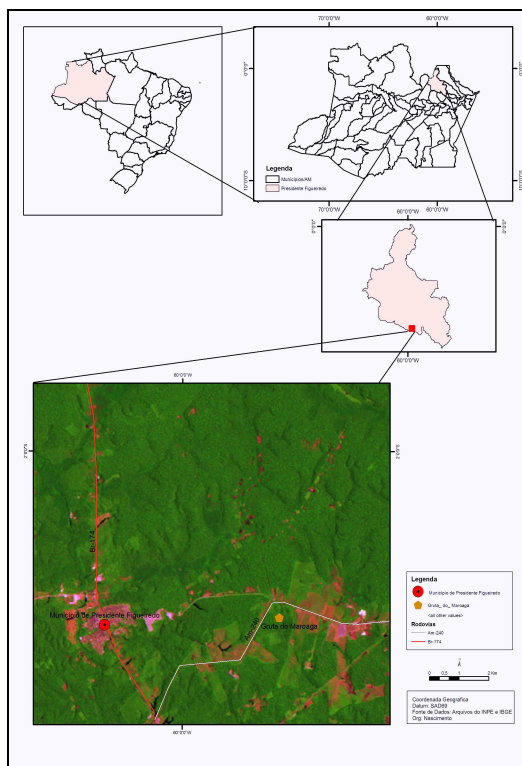


Figura 1- Localização da Gruta do Maroaga.

Fonte: Banco de dados do INPE e IBGE.

Org: Nascimento, 2010.

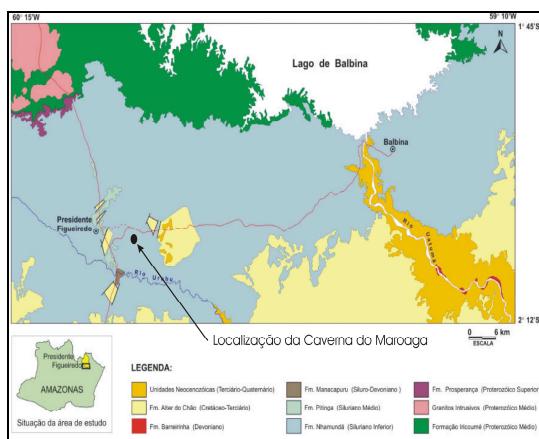


Figura 2: Mapa geológico de Presidente Figueiredo, observa-se em detalhe que a caverna esta inserida na Formação Nhamundá.

Fonte: Soares, Sarges e Nogueira (2001) adaptado por Nascimento (2010).

O Grupo Trombetas é constituído por várias formações geológicas, sendo a Formação Nhamundá a unidade dominante e é nela onde se localiza a caverna, essa formação é constituída por quartzos-arenitos finos a grossos com estratificação cruzada e plano-paralela, intercalados com folhelhos, siltitos e diamictitos, conteúdo abundante registros fósseis, é ocorrência de cachoeiras e cavidades (NOGUEIRA *ET al.* 1999 *apud* ECAL, 2004).

A cavidade está inserida numa região que apresenta clima tropical chuvoso, úmido e quente, cujas chuvas predominam no verão. A temperatura média anual é de 27° C, sendo os valores médios mensais mais baixos, em torno de 23° C, nos meses de junho e julho, e os valores dos meses mais quentes, em torno de 28° C, entre os meses de agosto e novembro. Esses dados revelam que a distribuição da temperatura é relativamente uniforme durante todo o ano.

A umidade relativa do município é bastante elevada, com 99,7% para as médias máximas e 48% para as médias mínimas (INPA, 1998, *apud* ECAL, 2004).

Diante das características geológicas e climáticas da região a geomorfologia é classificada segundo a Ecal (2004) por terrenos sedimentares de baixa altitude e planícies ao longo dos rios e baixos platôs com uma altitude de até 200 metros que se apresentam divididos em duas partes distintas: várzea e terra firme.

As unidades principais são: planície aluvionar recente, peneplano rebaixado, peneplano genético-vulcânico, escarpa de “cuesta”, platô arenítico, maciços residuais e platôs lateríticos.

A área do município apresenta formação vegetal predominantemente do tipo Floresta Ombrófila Densa Submontana. Além disso, são também presentes nos seus limites as seguintes formações: Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, Floresta Ombrófila Aberta Submontana (uma faciação da Floresta Ombrófila Densa) e Campinarana (área de tensão ecológica, ou seja, de contato entre tipos de vegetação) (IBGE, 1993 *apud* ECAL, 2004).

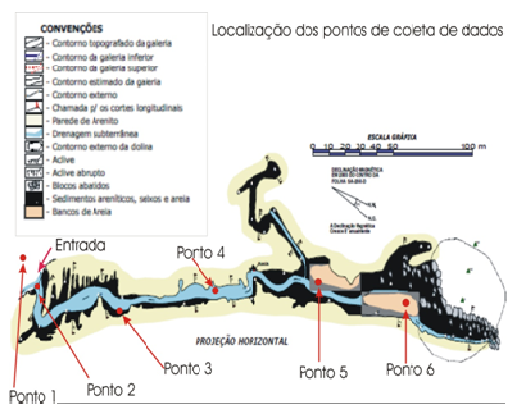
O procedimento para este estudo foi adaptado da metodologia utilizada por Furlan, Rocha e Longhitano (2007) na caracterização microclimática da gruta Colorida no Parque Estadual de Intervales, SP. Somente modificando o modo de coleta de dados, pois Furlan, Rocha e Longhitano utilizaram sensores automáticos de temperatura e umidade relativa do ar, e nos utilizamos um termohigrometro digital de marca RadioShack.

Os abrigos foram instalados a uma distância uniforme do solo de 1,5 m, pois segundo Ribeiro (1992) *apud* Furlan, Rocha e Longhitano (2007) o microclima é definido pela amplitude das trocas gasosas e energéticas entre feições ou estruturas particularizadas dispostas na superfície terrestre e o ar que as envolve. Tendo seus limites difíceis de ser definir, variando de 0,1 a 10.000m. E além disso, foram instalados afastados das paredes, além de livres nas laterais para facilitar a circulação do ar.

As características da gruta do Maroaga são bem diferentes da gruta Colorida, no entanto, os métodos de coleta foram muito parecidos, mudando somente os locais de instalação dos abrigos, tentando seguir a orientação de Furlan, Rocha e Longhitano (2007) que instalaram o primeiro abrigo

fora da caverna, outro na entrada e os outros distribuídos em ambientes diferenciados ao longo da caverna.

Os abrigos foram distribuídos conforme ilustra a (Figura 3) e a (Tabela 1).



**Figura 3-** Localização dos locais de instalação dos abrigos, em vermelho áreas de instalação.

**Fonte:** Ecal (2004) adaptado por Nascimento (2009).

Abrigo	Distancia em relação à Entrada da caverna	Características
1°	-0-	Instalado fora da caverna a 10m da entrada.
2°	-0-	Instalado na entrada da caverna
3°	70m	Próximo da parede direita
4°	110m	
5°	190m	Bem centralizado num banco de areia
6°	240m	Encima de um banco de areia

Tabela 1: Descrição das localizações dos abrigos  
Org: Nascimento, 2010.

As medições foram realizadas no ano de 2010 nos dias 30 de abril, 1, 2, 3, 4 e 5 de maio, considerando que esses meses são chuvosos. Os dias de coleta comportaram-se conforme o esperado, com precipitações em alguns horários de coleta, e com dias nublados e parcialmente nublados.

A coleta da temperatura e umidade relativa do ar foi realizada por apenas uma pessoa, para ter o mínimo de interferência possível, coletando as informações do ultimo abrigo para o primeiro, de 2

em 2 horas durante as 144 horas dos seis dias. E as informações sobre o número e o horário de visitação de turistas também foram registradas com anotações e fotos.

## Resultados e Discussões

Os gráficos a seguir (**Figuras 4 e 5**) apresentam os dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar registrada através de termohigrometros alojados em abrigos meteorológicos instalados em seis pontos.

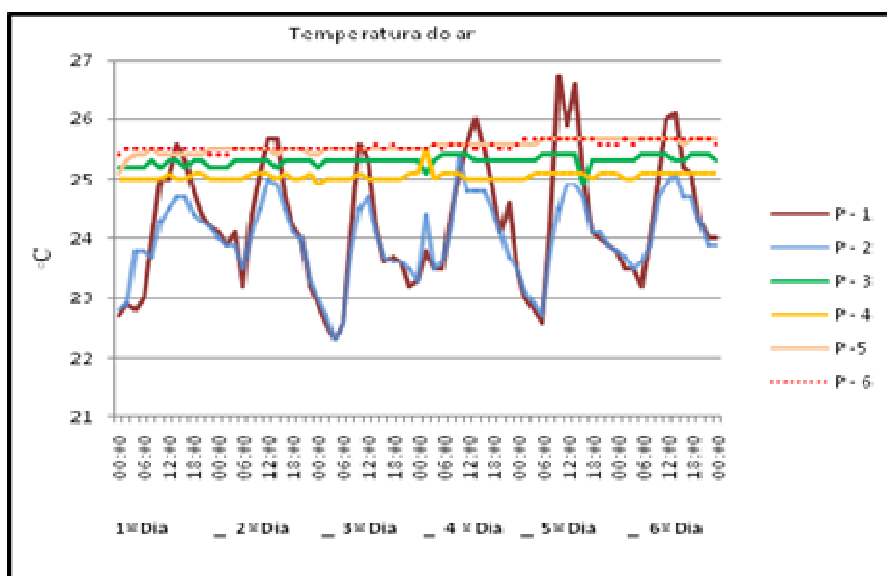


Figura 4: Variação da temperatura do ar nos seis pontos de coleta.  
Org: Nascimento, 2010.

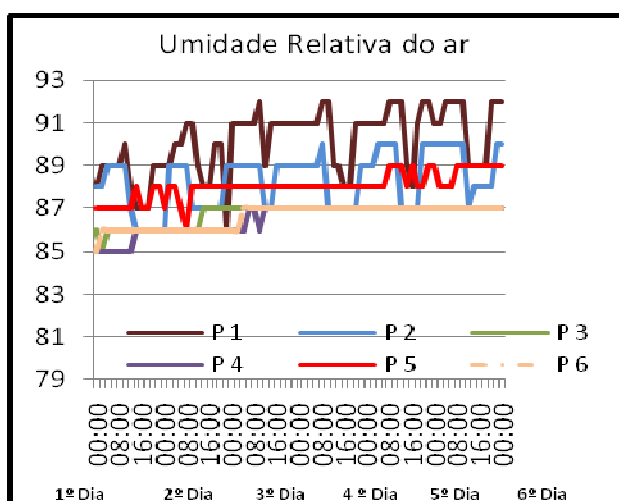


Figura 5: Variação da umidade relativa do ar nos seis pontos de coleta.  
Org: Nascimento, 2010.

Os dados obtidos caracterizam o abrigo 1 (Figura 6) como o que apresentou maior variação de temperatura, de 22,8°C a 26,7°C, ou seja, gradiente de 3,9°C. E a umidade relativa do ar também apresentou a maior variação, de 92% a 86%, com um gradiente de 6%. Esta variação pode ser explicada pela localização do abrigo, em ambiente externo, onde há a interferência direta da radiação solar, mesmo com o dossel das árvores, e pela maior circulação de ar. Em relação à visitação turística não houve nenhuma alteração notada, talvez por que as maiorias dos turistas não param neste ponto, somente passam para adentrar a cavidade.



**Figura 6:** Abrigo 1, localizado em frente à entrada da gruta.

**Fonte:** Nascimento, 2010.

O abrigo 2 (Figura 7) foi instalado na entrada da gruta, local onde a radiação solar atinge em menor intensidade, a entrada da caverna é larga e próximo dela há uma queda d'água, existindo também uma drenagem que sai da cavidade, o comportamento da temperatura foi muito próximo da registrada pelo abrigo anterior, seguindo as mesmas oscilações, variando muito pouco, de 22,8°C a 25,4°C, com um gradiente de 2,6°C. A umidade relativa do ar teve um comportamento muito parecido também com a do abrigo anterior, tendo uma diferenciação somente nas 00:00 horas do 3º dia, onde a umidade relativa do abrigo 1 abaixa, e a do abrigo 2 se eleva, tendo uma variação de 90 a 86%, com um gradiente de 4%.

Nota-se que os gradientes já começam a diminuir, pois a influência da radiação solar já não é tão intensa como no abrigo anterior, e a circulação do ar não é a mesma, pois as paredes da caverna impedem um pouco o fluxo do ar.

Em relação à visitação turística não houve nenhuma oscilação que pudesse ser notada, mesmo com grupos de 15 pessoas entrando na cavidade, isto pode ser explicado pelo fato de que a cavidade tem uma entrada bem larga, facilitando o fluxo de ar, e tem também uma rede de drenagem, que percorre toda a cavidade, ajudando a manter temperatura e umidade relativa do ar bastante estático.



Figura 7: Abrigo 2, localizado na entrada da gruta.  
Fonte: Nascimento, 2010.

O abrigo 3 (Figura 8) foi montado no corredor central, a 70m da entrada, num lugar sem luz, próximo a drenagem, com uma variação de temperatura muito pequena, de 25,4°C a 24,9°C, com uma amplitude de 0,5°C. A umidade relativa do ar também teve uma variação muito pequena, de 87% a 85%, com gradiente de 2%.

Observa-se que houve uma diminuição grande da amplitude, tanto na temperatura como na umidade relativa do ar, comparando com o abrigo anterior, passando de 2,6°C para 0,5°C, e de 4% de umidade para 2%.

Estas características são justificadas pelo fato de que o lugar onde foi instalado o abrigo 3 não sofreu nenhuma influência da radiação solar, possui pouco fluxo de ar, e outro fator importante é a presença de água, que segundo Furlan, Rocha e Longhitano (2007) atua como moderador da amplitude térmica, ao receber e transmitir calor mais vagarosamente que o solo, desta forma, não apenas os rios, mas os diferentes substratos (lagos, bancos de argila, solo arenoso, as paredes rochosas, etc) exercem influência sobre o ambiente e microclima de uma caverna.



Figura 8: Abrigo 3, localizado no corredor central, a 70 metros do anterior e a 120m da entrada da gruta.  
Fonte: Nascimento, 2010.

O abrigo 4 (Figura 9) foi instalado a 80 metros do anterior e a 120m da entrada da gruta, possui as mesmas características do abrigo anterior, tendo uma variação da temperatura muito pequena com a máxima de 25,5°C e a mínima 24,9°C, com uma amplitude de 0,6°C, muito próxima da



amplitude do abrigo anterior, que foi 0,5°C, a variação da umidade relativa do ar foi a mesma do abrigo anterior de 87% a 85%, com amplitude de 2%.



Figura 9: Abrigo 4, localizado no corredor central, a 50 metros do anterior, e a 170m da entrada da gruta.  
Fonte: Nascimento, 2010.

O abrigo 5 (Figura 10) foi instalado a 80 metros do anterior, e a 200m da entrada da caverna, num salão principal da caverna, onde existe uma grande colônia de morcegos, possui uma variação de temperatura muito pequena com uma máxima de 25,7°C e mínima de 25,1°C, tendo uma amplitude de 0,6°C, ou seja, a mesma amplitude do abrigo anterior. A umidade relativa do ar apresentou uma variação de 89% a 86%, tendo um gradiente de 3%, mudando muito pouco em relação ao abrigo anterior que teve um gradiente de 2%. Essas características são justificadas pelo fato de que esse abrigo possui as mesmas condições dos anteriores, ausência de radiação solar, presença de corpos de água e baixo fluxo de ar.



Figura 10: Abrigo 5, localizado no salão central.  
Fonte: Nascimento, 2010.

O abrigo 6 (Figura 11) foi montado à 50m do abrigo anterior, e a 250m da entrada da gruta, instalado também no salão principal, porém, próximo da colônia de morcegos, na parte elevada do banco de areia, perto do final da caverna. A variação da temperatura também foi muito pequena, de 25,7°C a 25,4°C, com uma amplitude de 0,3°C. A umidade relativa apresentou uma máxima de 87% e mínima de 85%, tendo um gradiente de 2%. A diminuição do gradiente de temperatura pode-se explicar pelo fato de que o abrigo 6 está próximo do final da cavidade, e numa parte mais elevada do que os outros, fato que dificulta o fluxo de ar. A amplitude da umidade relativa do ar apresentou-se idêntica a dos abrigos 3 e 4 e muito próxima da do abrigo anterior que foi de 3%.



Figura 11: Abrigo 6, localizado no final do salão central, a 50 metros do anterior, e a 250m da entrada da gruta.

Fonte: Nascimento, 2010.

Contudo o microclima do interior da gruta do Maroaga apresentou-se bem estático, sem grandes variações de temperatura e umidade relativa do ar, confirmando o que Geiger (1961) descreve, que nas cavidades com abertura unilateral o ar está em repouso e por isso designam-se cavernas estáticas aquelas que não possuem grandes variações de temperatura. Em relação à visitação turística, foi registrado no primeiro dia um grupo (Figura 12) de 3 pessoas às 13 horas, no mesmo dia outro grupo (Figura 13) com 3 pessoas também, às 11 horas da manhã. No terceiro dia foi registrada a visitação de um grupo com 7 pessoas (Figura 14), às 15 horas, no mesmo dia um grupo com 50 pessoas divididas em 2 grupos de 15 pessoas (Figura 15), e dois grupos de 10 pessoas, às 11 horas da noite.



Figura 12: Visitação turística no 1º dia.

Figura 13: Visitação turística no 2º dia.

Figura 14: Visitação turística no 3º dia.

Figura 15: Visitação turística de um grupo de 15 pessoas no 3º dia.

Fonte: Nascimento, 2010.

Os grupos que visitaram a caverna em sua maioria não foram até o final da mesma, somente adentraram até o corredor principal, nas proximidades do terceiro abrigo, e não foi observada nenhuma alteração no gráfico. Contudo temos registrado o comportamento da caverna sem interferência turística nos últimos 3 abrigos, e nos primeiros 3 abrigos não houve interferência na temperatura, mesmo com a visita de um grupo de 15 pessoas.

## **Conclusão**

O trabalho obteve êxito em seus objetivos, foi possível compreender de forma preliminar a dinâmica microclimática da gruta, sendo considerada estática do ponto de vista microclimático, sem grandes alterações no seu interior, mesmo com uma visita de grupos de turistas com até 10 pessoas, sendo que esses grupos não adentravam toda a cavidade, somente chegando nas proximidades do quarto abrigo, a uma distância aproximada de 150 metros da entrada, talvez por isso não foi possível registrar grandes alterações no microclima, porém isso nos permitiu registrar o comportamento microclimático da gruta sem alterações no seu interior, o que nos leva a crer que a presença de água e a sua geomorfologia tem grande influência para a determinação dessas características microclimáticas, sendo fundamental para maior compreensão estudos sobre a geomorfologia e circulação do ar na gruta do maroaga, pois segundo Lino (2001), o microclima pode ser influenciado pela circulação do ar e possui particularidades de acordo com cada caverna.

## **Referências**

- AB´SABER, N. **Geomorfologia e Espeleologia**. Espeleo-Tema, nº12, 1979.
- AGUIAR, F; SARAIVA, J; JUNIOR, T. **Comparação entre a normal climatológica de 1961-1990 e o período 1991-2007 para a precipitação na cidade de Manaus-Am**. Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Aplicada, Minas Gerais, 2009.
- AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.
- ECOSSISTEMA CONSULTORIA AMBIENTAL LTDA. ECAL. **Plano de Manejo Espeleológico e projetos de infra-estrutura e sinalização da Caverna do Maroaga, (AM)**, Curitiba, 2004.
- ESPOLADORE, A. **Apostila do curso de Introdução à Espeleologia**, Londrina/PR, 2003.
- FURLAN, A; ROCHA, B; LONGHITANO, G. **Caracterização microclimática da gruta Colorida-Parque Estadual de Intervales, SP**. Anais do XXIX Congresso Brasileiro de Espeleologia, Minas Gerais, 2007.
- GEIGER, R. **Manual de microclimatologia**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1961.

GUERRA, A.T; GUERRA, A.J. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 5<sup>a</sup>. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

LINO, C. **Cavernas: o fascinante Brasil subterrâneo**. São Paulo: Gaia, 2001.

MORAIS, M; LIMA, T. **Contribuições para o desenvolvimento de plano de manejo em ambiente cavernícola- Gruta do Maquiné: estudo de caso**. Geonomos, v 14, 2006.

MORAIS, F; SOUZA, L. **Cavernas em arenito na porção setentrional da Serra do Lajeado-Tocantins**. Anais do XXX Congresso Brasileiro de Espeleologia, Minas Gerais, 2009.

NOBRE, C; MARENGO, J; FISCH, G. **Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia**. Acta Amazonica, v 28, 1998.

NUNES, L.H. **escala nas ciências atmosférica**. Revista Ig São Paulo, 1998.

CARVALHO, A. S; MULLER, A. J. **Uso de Produtos CBERS para o Zoneamento Geoambiental de Presidente Figueiredo, no Amazonas**. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia-GO. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005.

NOGUEIRA, A; SARGES, R. **Characterization and Genesis of waterfalls of the Presidente Figueiredo region, northeast State of Amazonas, Brazil**. Anais Academia Brasileira de Ciências, São Paulo, 2001.

ROCHA, B. **Microclima da Gruta do Cipó (Detrás), P.E. Intervalles, SP**. Anais do XXIX Congresso de Espeleologia, Minas Gerais, 2007.

SOARES, E; SARGES, R; NOGUEIRA, A. **Compartimentação Geomorfológica da Região de Presidente Figueiredo, AM**. VII Simpósio de geologia da Amazônia, 2001.