



## **QUALIDADE DAS ÁGUAS DA GRUTA MORENA, CORDISBURGO, MG**

**Luciana Vetel CRUZ \*; Milton PEREIRA FILHO \*\***

\* - MSc., SEE / Doutoranda do Degeo/Ufop - [lvettelc@hotmail.com](mailto:lvettelc@hotmail.com)

\*\* - SEE / Mestrando do Degeo/Ufop - [miltonpf@hotmail.com](mailto:miltonpf@hotmail.com)

### **RESUMO**

O Distrito Espeleológico de Cordisburgo (MG) localiza-se a norte da cidade de Belo Horizonte e a sul da Província Espeleológica do Bambuí, em terrenos carbonáticos da Formação Lagoa do Jacaré (Grupo Bambuí). Essas rochas hospedam cavernas importantes, tanto em beleza cênica, quanto em potencial científico, destacando-se a gruta turística Maquiné e as grutas Morena e Salitre.

A Gruta Morena (MG-270) é a maior caverna da região de Cordisburgo e arredores, até então conhecida, com cerca de 4.620 m. de desenvolvimento horizontal, topografados pelo Núcleo de Atividades Espeleológicas - NAE (Faria 2001). Apresenta sete entradas que levam a belos condutos formados por rios subterrâneos (como o córrego Cantagalo e outros pequenos afluentes), sendo ornamentados com espeleotemas fantásticos.

O objetivo deste trabalho é conhecer alguns parâmetros físico-químicos das águas que percorrem o interior da Gruta Morena. A análise desses parâmetros possibilita tecer considerações sobre a qualidade ambiental das águas subterrâneas, comparando-os com a legislação brasileira vigente, CONAMA 20/86, e ainda possibilita inferências sobre a dinâmica de circulação dessas águas nos aquíferos cársticos.

### **INTRODUÇÃO**

O Distrito Espeleológico de Cordisburgo (MG) localiza-se a norte da cidade de Belo Horizonte e a sul da Província Espeleológica do Bambuí, em terrenos carbonáticos da Formação Lagoa do Jacaré (Grupo Bambuí). Essas rochas hospedam cavernas importantes, tanto em beleza cênica, quanto em potencial científico, destacando-se a gruta turística Maquiné e as grutas Morena e Salitre.

A Gruta Morena (MG-270) é a maior caverna da região de Cordisburgo e arredores, até então conhecida, com cerca de 4.620 m. de desenvolvimento horizontal, topografados pelo Núcleo de Atividades Espeleológicas - NAE (Faria 2001). Apresenta sete entradas que levam a belos condutos formados por rios subterrâneos (como o córrego Cantagalo e outros pequenos afluentes), sendo ornamentados com espeleotemas fantásticos.

O objetivo deste trabalho é conhecer alguns parâmetros físico-químicos das águas que percorrem o interior da Gruta Morena. A análise desses parâmetros possibilita tecer considerações sobre a qualidade ambiental das águas subterrâneas, comparando-os com a legislação brasileira vigente, CONAMA 20/86, e ainda possibilita inferências sobre a dinâmica de circulação dessas águas nos aquíferos cársticos.

### **METODOLOGIA**

As amostras foram coletadas em 7 locais na gruta Morena, nas estações de verão (jan/2001 - MV) e inverno (ago/2002 - MI), e um local externo à gruta, na estação de inverno. Os locais

amostrados encontram-se antes e após a confluência dos cursos principais com os afluentes menores, inclusive nestes afluentes (Figura 1).

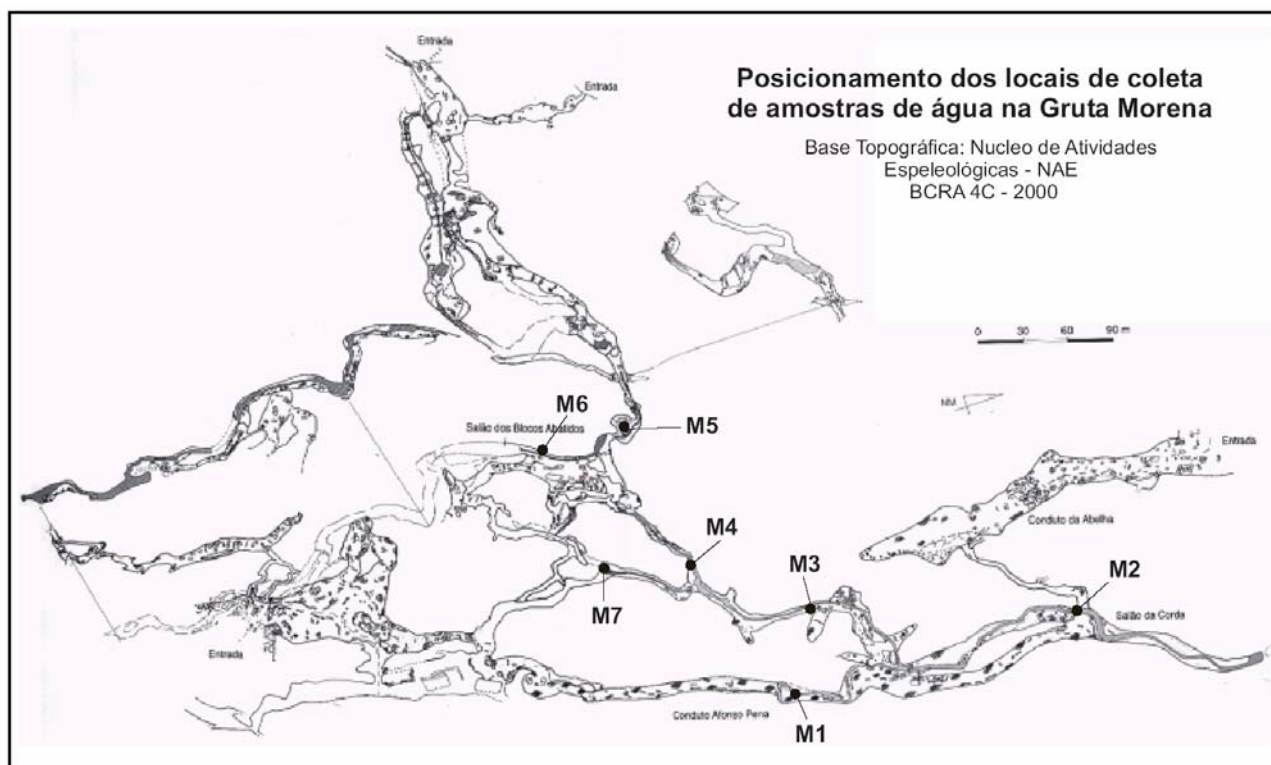
Para cada parâmetro físico-químico seguiu-se procedimentos específicos de coleta, preservação e análise (Agudo 1987, Greenberg et al. 1992).

## RESULTADOS

Foram analisados os seguintes parâmetros físico-químicos (Tabela 1): pH, Eh, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, alcalinidade, cloretos, sulfatos e metais principais (Ca, Mg, Na e K) e alguns menores, sendo que tais análises foram realizadas no Laboratório de Geoquímica Ambiental LGqA do Degeo/Ufop.

Tratam-se de águas de pH neutro a levemente alcalino, com exceção do ponto externo cujo pH é levemente ácido. O potencial de oxidação (Eh) variou muito de uma estação para outra, sendo mais oxidante no verão e mais redutor no inverno. A partir da correlação entre pH e Eh, observa-se que, caso haja metais disponíveis no ambiente aquático no verão, há a possibilidade de formação de óxidos e hidróxidos, enquanto que no inverno, há a possibilidade de formação de carbonatos, principalmente.

A condutividade elétrica é baixa em ambas as estações, embora apresente-se mais homogênea em amostras de inverno.



**Figura 1: Mapa Topográfico da Gruta Morena (NAE 2000)**  
apresentando o posicionamento dos locais de coleta de amostras de águas.



# ANAIS

## XXVII Congresso Brasileiro de Espeleologia

Januária MG, 04-14 de julho de 2003

Sociedade Brasileira de Espeleologia



| Amostra | pH   | Eh (V) | Conduct. (uS/cm) | OD * | Alcalin. CO <sub>3</sub> = * | Alcalin. HCO <sub>3</sub> - * | Turb. (FTU) | SO <sub>4</sub> = * | Cl <sup>-</sup> * | Na <sup>+</sup> * | K <sup>+</sup> * | Ca <sup>++</sup> * | Mg <sup>++</sup> * | Dureza total ** |
|---------|------|--------|------------------|------|------------------------------|-------------------------------|-------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------|--------------------|-----------------|
| MV-A    | -    | -      | -                | -    | -                            | -                             | -           | -                   | -                 | -                 | -                | -                  | -                  | -               |
| MV-1    | 8.46 | 0.779  | 243              | 5.5  | ND                           | 156.3                         | 18          | ALD                 | ALD               | 5.6               | 9.4              | 45.0               | 1.9                | 120.3           |
| MV-2    | 8.24 | 0.776  | 119              | 5.7  | ND                           | 75.0                          | 98          | ALD                 | ALD               | 3.3               | 4.8              | 19.6               | 1.2                | 54.0            |
| MV-3    | 8.08 | 0.775  | 67               | 5.5  | ND                           | 49.6                          | 89          | 4.3                 | ALD               | 3.4               | 5.1              | 10.4               | 0.9                | 29.8            |
| MV-4    | 8.06 | 0.775  | 70               | 6.4  | ND                           | 57.2                          | 74          | 12.0                | ALD               | 1.6               | 1.6              | 13.0               | 0.5                | 34.6            |
| MV-5    | 8.05 | 0.778  | 80               | 6.2  | ND                           | 58.5                          | 90          | 5.8                 | ALD               | 5.2               | 8.6              | 15.3               | 0.6                | 40.7            |
| MV-6    | 8.00 | 0.776  | 63               | 6.0  | ND                           | 43.2                          | 79          | 8.4                 | ALD               | 3.2               | 4.6              | 9.8                | 0.9                | 28.2            |
| MV-7    | 8.01 | 0.775  | 64               | 5.8  | ND                           | 44.5                          | 82          | 6.8                 | ALD               | 2.9               | 4.2              | 10.1               | 0.9                | 29.0            |
| MI-A    | 6.01 | 0.201  | 48.1             | 4.9  | 0                            | 148.3                         | 0.4         | 1.1                 | 0.04              | 3.9               | 1.9              | >45                | 2.6                | >112            |
| MI-1    | 8.11 | 0.187  | 54.4             | 5.4  | 6.3                          | 157.3                         | 0.5         | 1.1                 | 0.06              | 3.7               | 0.7              | >45                | 1.9                | >112            |
| MI-2    | 8.30 | 0.158  | 53.2             | 6.0  | 6.3                          | 150.9                         | 0.6         | 1.1                 | 0.06              | 3.7               | 0.8              | >45                | 2.0                | >112            |
| MI-3    | 8.25 | 0.193  | 47.6             | 6.8  | 6.3                          | 134.2                         | 0.9         | 1.0                 | 0.04              | 3.9               | 1.5              | >45                | 2.7                | >112            |
| MI-4    | 8.36 | 0.133  | 53.5             | 6.4  | 5.0                          | 154.7                         | 0.5         | 1.2                 | 0.09              | 4.7               | 1.3              | >45                | 2.5                | >112            |
| MI-5    | 8.39 | 0.211  | 57.0             | 6.3  | 7.5                          | 159.8                         | 0.4         | 1.1                 | 0.05              | 6.0               | 1.4              | >45                | 2.6                | >112            |
| MI-6    | 7.33 | 0.219  | 47.3             | 6.4  | 3.8                          | 141.9                         | 1           | 1.0                 | 0.05              | 3.9               | 1.6              | >45                | 2.8                | >112            |
| MI-7    | 7.02 | 0.188  | 47.7             | 6.4  | 6.3                          | 134.2                         | 0.9         | 1.1                 | 0.08              | 3.9               | 1.5              | >45                | 2.7                | >112            |

\* : mg/L; \*\* : (mg/L CaCO<sub>3</sub>); ND : não detectado; ALD : abaixo do limite de detecção; - : não analisado

**Tabela 1: Resultados de parâmetros físico-químicos analisados em amostras de água da Gruta Morena, nas estações de verão (MV) e inverno (MI).**

Provavelmente, as águas desta época, sejam somente de contribuição subterrânea. Esse parâmetro mostra valores um pouco mais elevados e variáveis no verão, talvez decorrente também da contribuição meteórica.

A turbidez apresentou valores praticamente nulos em todas as amostras de inverno e valores mais elevados em amostras de verão, com exceção do local M1 que manteve valores bem mais baixos.

O oxigênio dissolvido (OD) foi detectado em concentrações próximas e acima do mínimo necessário para a manutenção da vida aquática, pelo menos para boa parte das espécies. Porém, o afluente externo corre o risco de, no inverno, ficar com baixas concentrações deste gás, podendo prejudicar a vida aquática.

A alcalinidade das amostras analisadas é representada, no verão, pelos íons de bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e, no inverno, embora a maior contribuição seja decorrente dos íons de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, há uma pequena contribuição de íons de carbonato (CO<sub>3</sub><sup>=</sup>). Para este parâmetro, o local M1 destacou-se por apresentar valores de alcalinidade elevados e semelhantes em ambas as estações.

As concentrações do ânion cloreto (Cl<sup>-</sup>) são baixíssimas no inverno e praticamente nulas no verão, enquanto as concentrações do ânion sulfato (SO<sub>4</sub><sup>=</sup>), embora também muito baixas, apresentam-se homogêneas no inverno e variáveis e mais elevadas no verão.

Os cátions principais ocorrem na seguinte ordem de concentração: Ca<sup>2+</sup> > K<sup>+</sup> > Na<sup>+</sup> > Mg<sup>2+</sup>, no verão, e Ca<sup>2+</sup> > Na<sup>+</sup> > Mg<sup>2+</sup> > K<sup>+</sup>, no inverno. Sem dúvida, o cálcio é o elemento mais abundante nestas águas, em virtude de seu contexto geológico, enquanto os outros ocorrem numa mesma faixa de concentração, porém bem menor, principalmente no inverno, quando a contribuição é praticamente subterrânea. O potássio chama a atenção quando passa da segunda posição no verão para a quarta no inverno. Isto talvez seja decorrente da lixiviação deste elemento, presente em fertilizantes, causada pelas chuvas de verão. O local M1 destaca-se, desta vez com relação ao cálcio, que apresenta elevadas concentrações em ambas as estações.



## ANAIS XXVII Congresso Brasileiro de Espeleologia

Januária MG, 04-14 de julho de 2003

Sociedade Brasileira de Espeleologia



Segundo o diagrama de Piper que correlaciona as concentrações de cátions ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ ) e ânions ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{CO}_3^{2-}$ ), todas as amostras de águas de ambas as estações foram classificadas como bicarbonatadas cálcicas. De acordo com a dureza, que considera as concentrações de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , as águas são classificadas (McCutcheon et al. 1993), no verão, como mole ou branda (MV 3, 4, 5, 6 e 7), moderadamente dura (MV 2) e dura (MV 1) e, no inverno, todas (MI) são classificadas como moderadamente dura a dura.

Em adição, foram analisados alguns metais menores, tais como Fe, Al, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Ba e V, somente nas amostras de inverno. Estes não foram analisados em amostras de verão pois, até então, não havia o equipamento necessário (ICP-OES) para isto no LGQA. Observou-se que os metais Cu, Co, Cr, Ni, Cd e V não foram detectados ou o foram em poucas amostras, sendo assim, resultados não representativos. Para os metais restantes, observou-se a seguinte ordem de concentração, que se manteve na faixa de g/L ( $10^{-3}$  mg/L):  $\text{Fe} > \text{Al} > \text{Ba} > \text{Mn} > \text{Zn}$ .

### CONSIDERAÇÕES

Com base nos dados hidroquímicos, obtidos nas análises de alguns parâmetros físico-químicos utilizados no estudo de qualidade ambiental, foi possível fazer uma caracterização das águas da Gruta Morena. Dentre os parâmetros analisados, somente pH, turbidez, oxigênio dissolvido, cloreto, sulfato e os metais menores são considerados na legislação CONAMA 20/86. Desta forma, observam-se algumas situações:

- A turbidez no inverno enquadra as águas na classe I, que no verão enquadra-se na classe II, por estarem acima de 40FTU. A exceção é no local M1, sempre classificado como classe I devido a sua baixa turbidez em ambas as estações;
- O pH medido em ambas as estações encontra-se na faixa estabelecida para as classes I, II e III, que é entre 6 e 9;
- O oxigênio dissolvido (OD) apresentou valores que classificam as águas de alguns afluentes (M4, M5, M6 e M7) como classe I, com OD acima de 6mg/L, outros como classe II, com OD acima de 5mg/L (M1, M2, M3) e a drenagem externa (MA) como classe III, com OD acima de 4mg/L;
- Os ânions sulfato e cloreto, em ambas as estações, foram detectados em concentrações baixíssimas, classificando as águas como classe I;
- Os metais menores também foram detectados, em amostras de inverno, em concentrações baixíssimas, muito abaixo do estabelecido, classificando as águas como classe I.

Embora a maioria dos parâmetros (pH, ânions e metais menores) aqui analisados e considerados pelo CONAMA 20/86, classifiquem as águas como de classe I (águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado e outras destinações), a classificação dada pela turbidez e pelo oxigênio dissolvido, principalmente no inverno, classificam as águas da Gruta Morena como de classe II (águas destinadas aos abastecimento doméstico após tratamento convencional e outras destinações) e a drenagem externa como de classe III.

A partir destes dados, foi possível observar ainda, que a drenagem M1 (Conduto Afonso Pena) da Gruta Morena apresenta contribuição, praticamente, de água subterrânea no inverno e que no verão. Se ocorre alguma contribuição de água meteórica, esta apresenta um tempo de residência maior, pois o comportamento dos parâmetros é bastante diferente. Para as outras drenagens da gruta, observa-se que em ambas as estações, há contribuição de águas subterrâneas e meteóricas, sendo as subterrâneas mais atuantes no inverno e as meteóricas no verão.



# ANAIS

## XXVII Congresso Brasileiro de Espeleologia

Januária MG, 04-14 de julho de 2003

Sociedade Brasileira de Espeleologia



Este trabalho, embora sucinto, vem mostrar a fragilidade deste ambiente cavernícola e a importância de mantê-lo preservado.

Sugere-se um monitoramento hidroquímico mais detalhado da Gruta Morena, assim como de seu entorno, a fim de se conhecer sua dinâmica ambiental. Além disso, um controle ao acesso à esta caverna, que tem sido visitada desordenadamente por grupos espeleológicos, caverneiros, turistas desavisados e outros, é essencial para a manutenção de todo o seu ecossistema.

### AGRADECIMENTOS

A Sociedade Excursionista e Espeleológica agradece ao Laboratório de Geoquímica Ambiental (LGqA) do Departamento de Geologia da UFOP, na pessoa do Prof. Herminio Arias Nalini Jr., pelo apoio na realização de todas as análises químicas.

### BIBLIOGRAFIA

AGUDO E.G. (coord.). 1987. *Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água*. 1ªed. São Paulo, CETESB, 150 p.

CONAMA. 1986. Resolução CONAMA nº20 de 18/06/1986.

FARIA N. 2001. Gruta Morena. In: AULER A; RUBIOLLI E. *As Grandes Cavernas do Brasil*. GBPE, p. 162-165.

GREENBERG A. E; CLESCERI L.S; EATON A. D. (Ed). 1992. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 18ed. Ed. Americ. Public Health Association

MCCUTCHEON S. C; MARTIN J. L. BARNWELL Jr. T. O. 1993. Water quality. In: MAIDMENT D. R. (Ed). *Handbook of Hydrology*. McGraw-Hill, Inc., USA, 11.1-11.73

NAE. 2000. Mapa Topográfico da Gruta Morena. In: AULER A; RUBIOLLI E. 2001. *As Grandes Cavernas do Brasil*. GBPE. p.164-165.