

ESTUDO HIDROQUÍMICO E ISOTÓPICO
DAS ÁGUAS TERMOMINERAIS DE ÁGUAS DE LINDÓIA E LINDÓIA - SP*

RESULTADOS PRELIMINARES

YOSHINAGA, S.¹ e KIMMELMANN E SILVA, A.A.²

RESUMO

O presente trabalho apresenta os resultados preliminares de uma monitoração (mensal e semanal) das águas termominerais de Águas de Lindóia e Lindóia durante 1 ano, referente aos parâmetros físico-quími-cos e isotópicos.

Estas águas podem ser classificadas como oligominerais, algumas hipotermais (fontes São Roque, Filomena, Glória e Madame Curie), as outras frias e fracamente radioativas na fonte, segundo o Código de Águas Minerais. Do ponto de vista hidroquímico as águas são bicarbonatadas cálcicas e magnesianas.

Os resultados isotópicos indicam que a origem destas águas é da infiltração das precipitações.

Não foi observada uma grande variação dos parâmetros físico-quími-cos no tempo.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho faz uma avaliação preliminar de um estudo mais amplo de caracterização hidroquímica e isotópica das águas termomine-rais de Lindóia e Águas de Lindóia.

O presente estudo se baseia nos dados de cadastramento e nos resul-tados das análises físico-químicas e isotópicas das fontes exploradas, bem como na monitoração (mensal e semanal) durante 1 ano, dos parâ-metros físico-químicos e isotópicos.

Esta pesquisa é parte do "Estudo hidroquímico e isotópico das águas termominerais no Estado de São Paulo", financiado pela FAPESP (Pro -

* Realizado com a ajuda financeira da FAPESP (Processo nº 86/2352-2)

1. Geóloga, pesquisadora, IG - São Paulo

2. Profª Drª de Hidrogeologia - IG/USP - CEPAS - São Paulo

cesso nº 86/2352-2).

Não há muitos trabalhos científicos hidrogeológicos realizados em Lindóia e Águas de Lindóia e este é o primeiro estudo baseado numa monitoração.

Os trabalhos mais recentes são: GUIMARÃES (1967), que faz estudos geológicos e hidroquímicos das fontes na cidade de Lindóia; FALCÃO (1978), executa cadastramentos das fontes e as classifica de acordo com o Código de Águas Minerais, e SZIKSZAY & TEISSEDE (1978) que realizam uma avaliação hidroquímica preliminar das fontes existentes nas cidades de Águas de Lindóia, Lindóia e na vizinhança.

2. ÁREA DE INVESTIGAÇÃO

A área de estudo situa-se na parte nordeste do Estado de São Paulo, e está localizada nas Quadrículas Águas de Lindóia e Socorro (Figura 1).

Do ponto de vista geológico, pertencente ao embasamento cristalino, esta área faz parte do Complexo Amparo (ALMEIDA et al., 1981), no compartimento tectônico denominado Bloco Itapira, próximo ao limite sul (a falha de Monte Sião) com o bloco Ferreiras (CAMPANHA et al., 1983).

Do ponto de vista litológico a área de estudo é caracterizada pelos gnaisses e migmatitos de aspectos homogêneos e bandados (GMH e GnH), migmatitos com estrutura bandada e dobrada (MD) e orto-quartzitos intercalados com quartzo-xistos (Qx).

A região apresenta complexo padrão estrutural, cujos tipos de estruturas, suas características e atitudes estão sintetizadas na Tabela 1.

Em escala regional, a área apresenta ao nordeste grande estrutura antiformal de eixo na direção nordeste e estruturas sinformais inversas, além de dobras sinformes e antiformes na parte sul (Figura 1).

Ocorrem ainda, falhas como a de Monte Sião, de caráter transcorrente, separando o Bloco Itapira do Bloco Ferreiras (CAMPANHA et al. 1983) e falhas verticalizadas (Figura 1).

O pH varia em torno de 6,2 (mínimo 6,0 e máximo 6,45) e o Eh, de +43 a + 59 mV.

A condutividade mais baixa é registrada na fonte São Jorge (65µS/cm) e a mais alta no Balneário Paulistur (164µS/cm).

Pelos valores de radioatividade as fontes podem ser classificadas como fracamente radioativas. Vale salientar que os valores de radioatividade destas fontes são mais elevados que nas fontes de Águas de Lindóia.

As vazões são mais baixas que nas fontes de Águas de Lindóia. Variam de 0,37 l/s a 1,11 l/s.

4.2.2. PARÂMETROS QUÍMICOS

Os cátions mais abundantes nestas fontes são o cálcio e o sódio, com valores quase iguais entre si, vindo em seguida o magnésio e o potássio. Nota-se ainda, a ausência do cátion magnésio na São Jorge.

O bicarbonato e o nitrato também são encontrados em maiores concentrações. No Balneário Paulistur, observa-se um elevado teor em nitrato e cloreto em relação com as demais fontes.

O teor de CO₂ varia de 1,1 mg/l a 31,9 mg/l. Notam-se 3 tendências: as fontes São Bernardo e Balneário Paulistur apresentam valores altos (25,3 a 31,9 mg/l), Santa Bernadete (1,1 mg/l) e São Jorge 9,9 mg/l.

Estas fontes apresentam valores baixos de fluoreto e orto-fosfato, baixo teor em zinco (com exceção da fonte São Jorge -0,26 mg/l), e concentrações de SiO₂ variando entre 32 e 42 mg/l.

A fonte São Bernardo possui o teor mais elevado de SiO₂, (61 mg/l) e resíduo filtrável (146 mg/l) de todas as fontes analisadas. O Balneário Lindóia também possui resíduo filtrável elevado (122mg/l) enquanto as fontes Santa Bernadete e São Jorge apresentam valor médio de 86 mg/l.

4.2.3. RESULTADOS ISOTÓPICOS

Os teores de ¹⁸O das fontes de Lindóia são mais positivos que das fontes de Águas de Lindóia, com valores entre -6,8‰ e -7,5‰.

A fonte Santa Bernadete apresenta o valor de -6,8‰, fora da média de -7,4‰ das demais fontes de Lindóia.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com base nos dados acima descritos, evidenciam-se alguns comportamentos das águas das fontes.

As águas das fontes São Roque, Filomena, Glória e Madame Curie são consideradas hipotermiais. Os valores de temperatura das demais fontes variam de 21°C a 24°C podendo classificá-las como frias. Isto influi na radioatividade: observam-se valores mais altos nas fontes frias onde o grau de solubilidade do gás radônio (responsável pela radioatividade da água) é elevado.

A presença de fluoreto, boro, orto-fosfato e zinco em concentrações mínimas é característico de águas que circulam em terrenos ígneos.

Em relação ao pH e Eh, observam-se 3 comportamentos distintos:

(I) - as fontes Filomena e São Roque possuem pH acima de 7 e Eh neativo.

(II) - as fontes Madame Curie e Glória tem pH entre 6,5 e 6,8 e Eh entre +10 e +40 mV.

(III) - as fontes Santa Isabel, São Jorge e Santa Bernadete, São Bernardo e o poço do Balneário Paulistur tem pH entre 6,0 e 6,5 e Eh entre +38 e +59 mV.

Estes dados podem sugerir ambientes ligeiramente diferentes, sendo que (I) seria o ambiente mais redutor que os demais, (II) o intermediário e (III) o mais oxidante.

As vazões das fontes também podem ser diferenciadas em 2 grupos, no entanto, serão necessários maiores estudos e detalhes para comprovação.

Pelo Diagrama de Piper (Figura 2), as águas são classificadas como bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas, podendo subdividí-las em 2 grupos:

GRUPO I - engloba as fontes São Roque, Filomena, Madame Curie, Glória e Santa Isabel.

São águas classificadas como bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas. As fontes São Roque e Filomena possuem comportamento catiônico cálcico enquanto que as demais já tendem a ser mistas.

GRUPO II - Apesar de terem a mesma classificação, as fontes possuem tendência mista. As fontes pertencentes a este grupo são: São

Jorge, Santa Bernadete, São Bernardo e Balneário Paulistur. A fonte São Jorge possui um comportamento mais diferenciado, sendo a de característica mista mais típica.

Quanto aos índices hidroquímicos:

i.t.b. - as fontes possuem índices próximos a zero, indicando equilíbrio entre as águas e o terreno de contato.

rMg/ rCa - os índices resultantes são menores que 1,0 indicando o predomínio do cálcio nas águas analisadas. Dentro deste domínio, no entanto, observam-se valores menores para as fontes São Roque, Filomena e São Bernardo. Esta tendência sugere indicar maior tempo de contato da água com o terreno que as demais.

rK/rNa - são observadas 3 tendências: - maior que 1,0 - fontes São Roque e Filomena; entre 0,6 e 0,8 - fontes Madame Curie e Santa Isabel; - entre 0,2 e 0,3 - fontes São Jorge, Santa Bernadete e Balneário Paulistur. A fonte São Bernardo possui um índice menor que 0,1 situando-se fora destas tendências.

Os valores de ^{18}O exibem 2 tendências: em Águas de Lindóia e os valores estão compreendidos entre -7,8 e -8,1‰ e em Lindóia, os valores são mais positivos -6,8% a -7,5‰.

Em geral estes valores são próximos aos valores médios anuais no Estado de São Paulo (-7,4‰) indicando a origem destas águas como sendo de infiltração das precipitações.

6. CONCLUSÕES PRELIMINARES

Com base nas análises realizadas e na monitoração as conclusões preliminares são as seguintes:

Segundo o Código das Águas Minerais, as fontes termominerais podem ser classificadas como oligominerais e apenas 4 (São Roque, Filomena, Glória e Madame Curie) hipotermiais, as demais sendo frias. As águas são fracamente radioativas na fonte.

Do ponto de vista hidroquímico as águas são bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas.

Os índices hidroquímicos indicam equilíbrio entre as águas e o terreno de contato.

O nitrato encontrado em excesso deve provenir da influência antropica, devido o uso e a preservação inadequada das fontes.

A origem das fontes é devida a infiltração das precipitações e a circulação não parece muito profunda.

Até agora não foi observada uma variação importante dos parâmetros físico-químicos no tempo.

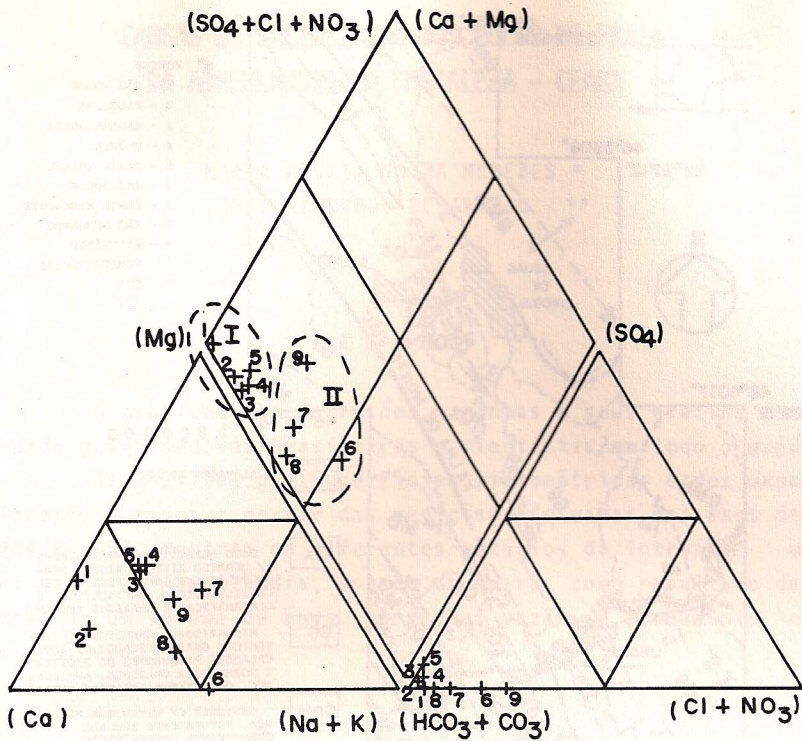
Com a monitoração que continuará e a comparação com os dados das águas da chuva será possível estabelecer um modelo de circulação destas águas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, F.F.M. et alli - 1981 - Mapa geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000 - IPT - São Paulo.
2. CAMPANHA, G.A.; FERNANDES, L.A.; GIMENEZ, A. - 1983 - Quadrículas Mogi-Guaçu e Águas de Lindóia - 1ª Jornada sobre a Carta Geológica do Estado de São Paulo em 1:500.000 - PRÓ MINÉRIO - pág. 137-169.
3. FALCÃO, H. - 1978 - Perfil Analítico de Águas Minerais - Boletim nº 49 - vol. II, DNPM - 160 pp.
4. SAD, J.H.G.; BARBOSA, A.L. - 1983 - Síntese Geológica da Folha de Socorro, São Paulo - 1ª Jornada sobre a Carta Geológica do Estado de São Paulo em 1:500.000 - PRÓ MINÉRIO - pág. 109 - 135.
5. SZIKSZAY, M.; TEISSEDE, J.M. - 1978 - Análise Hidrogeoquímica Preliminar das Fontes da Região de Águas de Lindóia - Revista Brasileira de Geociências - vol. 8, nº 4 - pág. 235-248.
6. ZANARDO, A. - 1978 - Análise Petrográfica e Microestrutural das Rochas da Folha de Águas de Lindóia - Dissertação de Mestrado - IG/USP - 270 pp.

TABELA I - ESTRUTURAS E ATITUDES GERAIS DA REGIÃO
(DADOS DE ZANARDO, 1987)

REGIÃO	FOLIACÃO	LINEACÃO	DOBRAS	JUNTAS
Falha de Monte São e Proximidades	Milonítica Atitude: -N38E/64SE OBS: a falhação e a zona de falha in-fletem para leste.	Direção Média Atitude: -N47QE mergulho para SW - ângulos baixos	INTRAFOLIAR - normalmente assimétricas de dimensão milimétrica VIZINHOS A REGIÃO MILONITIZADA dobras concêntricas a isoclinais cilíndricas - eixo da dobra: N 51E/ 10 NE	4 polos máximos - N71W/ 75NE - N15W/ 45NE - N25E/ 55SE - N49930E/ 79SE
Vizinha a Região da Falha de Monte São (Sul do Bloco Itapira	APTITUDES: 7 polos máximos: -N76E/86SE -N25E/65SE -M44W/65SE -N55W/54SW -N07E/59NW -N16E/79NW -N24E/39NW indica com plexidade estrutural, figuras de interferência sobre foliação regional.	grande dispersão de pontos: evidências de dobramentos e dobramento da linhação - tendências para direção N-S com inflexão para NE próxima à falha de Monte São - os mergulhos são de baixos ângulos, no geral.	ISOCLINAIS À FECHADAS - WNW - ESE com mergulhos de moderados a altos e ligeiro predomínio para WNW - formam estruturas sinformes e antiformes, isoclinais a fechadas ou simplesmente corpos lenticularizados, em escala local com mergulho N ou S, elevados CONCÊNTRICAS - mostram espalhamento e mergulhos elevados (65º e 90º) atitude do pólo máximo N27W/75SW	Nota-se grande dispersão porém destacam-se os seguintes planos de attitudes: - N45E/ 85SE, N35E/85SE - os mais importantes - N69E/ 77SE, N24E/ 57SE e N70W/ 90 * estas orientações aparecem controlando o sistema de drenagem gerando padrão regular, com duas orientações básicas NE ou NW. * veios de pegmatito e quartzo são predominantemente controlados pelo sistema de fraturas de direção N70W/ 90.



- 1- São Roque
- 2- Filomena
- 3- Madame Curie
- 4- Glória
- 5- Santa Isabel
- 6- São Jorge
- 7- Santa Bernadete
- 8- São Bernardo
- 9- Balneário FUMEST
PAULISTUR

- A - Cloro-Sulfatada
Cálcica ou Magnésiana
- B - Bicarbonatada
Cálcica ou Magnésiana
- C - Bicarbonatada
Sódica
- D - Cloro-Sulfatada
Sódica

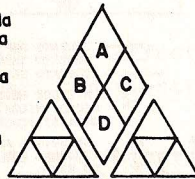


FIGURA 2

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS DAS FONTES SEGUNDO DIAGRAMA DE PIPER

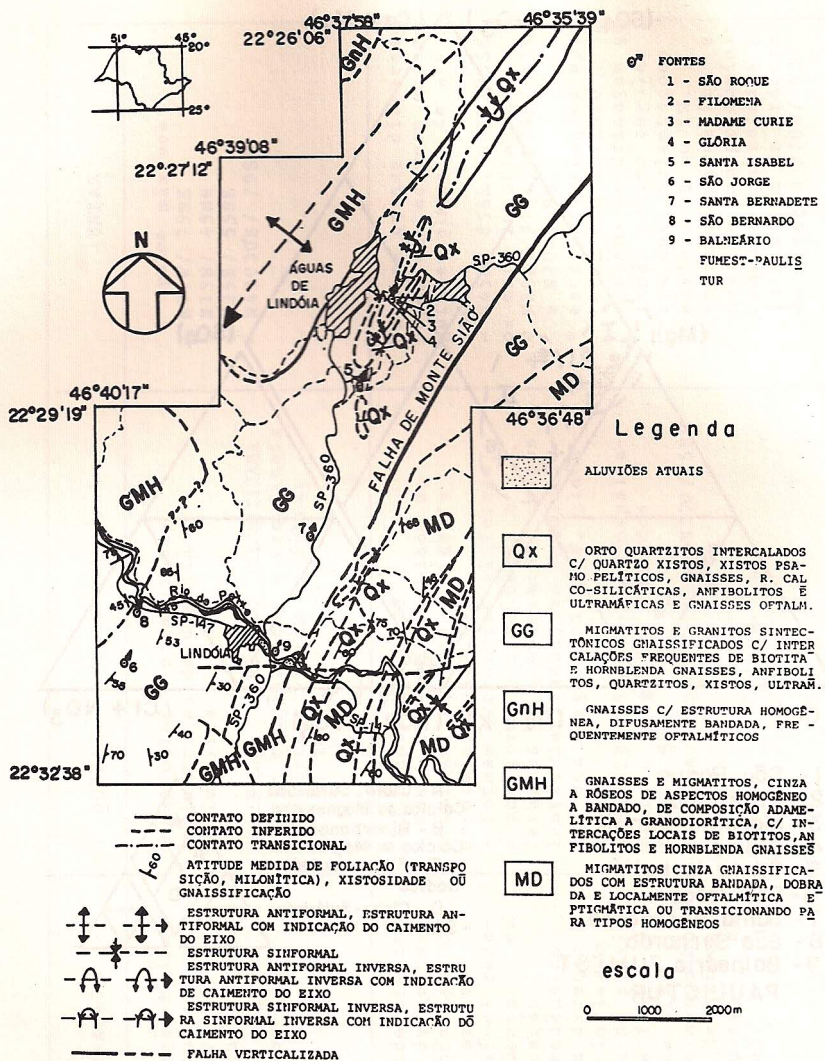


FIGURA 1

MAPA GEOLÓGICO ESQUEMÁTICO (Zanardo, 1987; Sad & Barbosa, 1983 ; Campanha et. al, 1983) E DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA