

**FONTES DA ESTÂNCIA DE ÁGUAS DA PRATA,
ESTADO DE SÃO PAULO**

por

MÁRIA SZIKSZAY

Departamento de Geologia Geral

e

JEAN-MARIE TEISSEDE

*Instituto de Pesquisas Tecnológicas – Divisão de Minas e Geologia Aplicada
São Paulo*

RÉSUMÉ

Faisant suite aux études antérieures sur l'inventaire géologique et géochimique des sources de l'Etat de São Paulo le présent travail se réfère au relevé des sources de l'Estância de Águas da Prata.

L'étude géologique de la région a permis de séparer les sources en 2 types distincts: l'un appartenant aux roches clastiques représentées par des grés indurés et l'autre à des roches alcalines.

Du point de vue physico-chimique, on note une très nette différence: les eaux des grés sont froides, avec un pH acide et peu minéralisées, par contres celles des roches alcalines sont hypothermales avec un pH neutre et très minéralisées.

Toutes ces eaux sont bicarbonatées-sodiques et sont considérées minérales d'après les concentrations en sels dissouts, dans les roches alcalines et d'après la radioactivité, dans les grés.

RESUMO

Em continuação aos nossos estudos sobre a geologia e geoquímica das fontes do Estado de São Paulo, o presente trabalho refere-se às fontes da Estância de Águas da Prata.

O estudo geológico da região permitiu separar as fontes em dois tipos distintos: um pertencente às rochas clásticas representadas pelos arenitos e outro às rochas alcalinas.

Do ponto de vista físico-químico, nota-se uma diferença marcada: as águas dos arenitos são frias, com pH ácido e pouco mineralizadas, ao contrário das rochas alcalinas que são hipotermais, com pH neutro e muito mineralizadas.

Todas essas águas são bicarbonatadas-sódicas e são consideradas minerais segundo as concentrações de sais dissolvidos nas rochas alcalinas e segundo radioatividade nos arenitos.

INTRODUÇÃO

Em continuação aos estudos químicos e geológicos das águas das fontes do Estado de São Paulo, apresentamos os resultados refe-

rentes às águas das fontes das Estância de Águas da Prata.

A finalidade desses estudos, assim como a metodologia utilizada foi abordada e descrita na primeira parte do nosso estudo sobre

as águas das fontes na borda da bacia de São Paulo (SZIKSZAY & TEISSEDE, 1976).

Queremos expressar nossos agradecimentos aos responsáveis (gerentes e administradores) das fontes pela gentileza com que fomos recebidos e ainda a Fundação ao Amparo de Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela ajuda financeira.

QUADRO GEOLÓGICO

Situada na borda ocidental do Planalto de Poços de Caldas, a cidade de Águas da Prata é circundada pelo dique anelar de tinguaito a oeste e pela escarpa acentuada de rochas clásticas a leste. O próprio sítio corresponde a uma fossa tectônica evidenciada pelos rebaixamentos de blocos através de falhamentos no dique anelar. Estes deslocamentos aparecem nitidamente na saída para Poços de Caldas ao longo do Vale do Quartel. Neste eixo aproveitado pela rodovia e ferrovia encontram-se afloramentos de rochas de origem vulcânica, brechas e tufos, geralmente associados a arenitos. O maior afloramento dessa rocha clástica ocorre logo na saída do perímetro urbano no Vale do Quartel, constituindo um pacote de mais de 100 m de espessura. Na base desses arenitos foi identificado um folheto de cor roxa, com numerosas intercalações de leitos arenosos e siltosos concordantes com a estratificação. No topo, os arenitos apresentam uma estratificação cruzada semelhante a dos da Formação Botucatu. BJOERNBERG e LANDIM (1966) os correlacionaram à Formação Botucatu, atribuindo-lhes idade Triássica, enquanto os folhetos sotopostos foram considerados da Formação Tubarão. Além disso, nas camadas observa-se brechas vulcânicas, enquanto mais a leste, todo o conjunto apresenta brechas vulcânicas da Serra do Paiol. Certamente, após a fase eruptiva houve um afundamento dentro do maciço vulcânico provocando um mergulho das camadas arenosas a 20° para dentro do complexo vulcânico. No contato, bem visível na beira da estrada que vai para Poços de Caldas, foram encontrado indícios de mineralizações de arsenopirita. Nas brechas perto do contato, de cor castanho arroxado, descritas por ELLERT

(1959), ocorrem fragmentos de gnaiss proveniente do embasamento, diabásio e sedimentos, enquanto na matriz nota-se a presença de quartzo arredondado.

As principais fontes dos arredores da cidade de Águas da Prata pertencem a este conjunto de rochas ígneas e de rochas clásticas. A fonte, mais distante do próprio sítio, conhecida como Fonte Platina, surge de uma lente de fonolitos sendo a única fonte encontrada nesta litologia aflorante. O fonolito aparece no fundo do vale de um pequeno córrego e apresenta uma extensão restrita com contatos bem definidos. A nascente sobre a qual foi construída o prédio para engarrafamento, atualmente abandonado, está localizada na beira do córrego, e é bem provável que a água emergja através de fraturas verticais dentro do corpo de fonolito.

As fontes Paiol, no parque do mesmo nome, distantes cerca de 3 km de Águas da Prata em direção a Poços de Caldas, nascem, segundo FELICISSIMO (1965), em rochas alcalinas do tipo tufos vulcânicos, foiaitos e fonolitos. Nove perfurações foram executadas no parque da Fonte Paiol, onde existia uma fonte natural antes do início dos serviços de perfuração e captação, realizados pelo Serviço de Geologia Econômica do Instituto de Geografia e Geologia, em 1956. Essas obras foram efetuadas na proximidade da fonte com a finalidade de aumentar a vazão inicial (1000 l/dia) da nascente. Segundo FELICISSIMO (1965), os minerais constituintes das rochas atravessadas nas perfurações do parque e nos seus arredores que poderiam ser responsáveis pela mineralização das águas aflorantes, são: ortoclásio, anortoclásio, sanidina, nefelina, aigerina, anfíbolio sódico, apatita, biotita, sodalita, hauyna, cancrinita, catapreita, gianetita, eudialita, zeolita e zircão. Essas rochas apresentam a composição química seguinte (Tabela I):

A outra fonte analisada nesse mesmo parque emerge junto ao paredão que domina o pátio reservado ao público. A nascente encontra-se nas brechas vulcânicas constituindo o paredão, nas quais foi observada a presença de xenólitos de arenito. Devida a sua posição, a água dessa fonte provem da percolação das águas de infiltração nas brechas e sua saída é

TABELA I. — Composição química das rochas da Fonte Paiol
(seg. FELICISSIMO 1965) em %

SUBSTÂNCIAS	TUFO VULCÂNICO	FONÓLITO	FOIAITO
SiO ₂	30,2	53,0	53,2
Al ₂ O ₃	11,9	20,8	21,2
Fe ₂ O ₃	8,3	4,5	3,4
FeO	4,2	0,8	0,8
MgO	6,3	0,6	1,6
CaO	17,0	1,3	1,0
Na ₂ O	2,0	7,2	7,3
K ₂ O	3,2	8,3	8,4
TiO ₂	2,0	0,4	0,7
P ₂ O ₅	0,8	0,1	0,1
CO ₂	10,2	0	0
MnO	0,2	traços	traços
BaO	traços	0,2	0,2
S e Cl	traços	traços	traços
H ₂ O ⁺	2,1	1,7	1,4
H ₂ O ⁻	1,5	0,2	1,2

propiciada pelo declive do terreno. Segundo BJOERNBERG (1956) essas brechas “de cor castanha-arroxeadas apresentam uma matriz com granulação fina afanítica com quartzo detrítico arredondado. O exame microscópico mostra muita calcita, hematita e algumas vezes leucoxênio intersticial. Os xenólitos de rochas e fragmentos de minerais são ricos em feldspatos (ortoclásio e albita), quartzo, apatita, magnetita ou ilmenita”.

A Fonte Vilela emerge ao pé de um paredão de cerca de 10 m de altura quase no topo da escarpa de capeamento de arenito coberto pela, localmente denominada, floresta natural “Mata da Prata”. Nesse arenito bastante silicificado notam-se dobramentos leves, traços de uma força de empurrão das camadas intrusivas subjacentes. A água brota dos arenitos através de fraturas abertas no sentido vertical e horizontal. Neste mesmo local, onde LONGO (em FRAYA, 1957) efetuou as primeiras escavações, foram realizadas pesquisas pelo DNPM em 1953 com o objetivo

de verificar a possível existência de rochas ou minerais ricos em elementos radioativos responsáveis pelas emanações existentes nas águas. LONGO (1967) cita alguns resultados das análises químicas de rochas da região como seguintes: 0,1 – 0,5% Zn, Ni, Ti, P; 200 – 500 ppm Mo, Cu, Yb, Pb; 100 – 200 ppm Pb, Zr, Be, Cu, Ni; 20 – 50 ppm B, Li. Segundo os trabalhos de acompanhamento de FRAYA (1957), furos verticais e inclinados foram executados nas proximidades da nascente. O furo vertical de 61 m de profundidade atravessou um diabásio de 10 a 59 m, penetrando nos últimos metros num corpo de fonólito. A sondagem inclinada no pé do paredão cortou 10 m de arenito e penetrou 70 m no diabásio, comprovando portanto, a superposição dos arenitos sobre o mesmo. Essas perfurações não confirmaram se o fonólito é sotoposto ao diabásio.

Duas outras fontes analisadas no perímetro urbano de Águas da Prata pertencem ao mesmo arenito, e são as fontes denomina-

das Fonte do Boi e a Fonte Prata-Radioativa de propriedade da Empresa Águas Prata S.A. A fonte do Boi nasce diretamente do paredão de arenito por intermédio de fraturas. Uma falha de direção SW-NE é responsável pelo deslocamento do bloco dominante de arenito bastante silicificado. A Fonte Prata-Radioativa mais ao sul em relação à anterior localiza-se num lugar bastante elevado do mesmo tipo que o da Fonte Vilela. A água surge das fraturas do arenito silicificado e recristalizado. Segundo as análises de BJOERNBERG (1956) esse arenito possui a seguinte composição mineralógica: quartzo e feldspato essencialmente, com presença de minerais acessórios tais como zircão, turmalina, rutilo granada, anatásio, monazita, hornblenda apatita e corindon.

Perto da Fonte do Boi, na baixada, numa pequena planície aluvionar dominada ao nordeste por uma elevação de diabásio, nascem as fontes Vitoria, Prata-Antiga e Prata-Nova. Sua parte leste, resultante de um conjunto de falhas, coloca em contato o diabásio com os arenitos, e mais à frente com os siltitos. Esses mesmo arenitos foram encontrados no outro lado da estrada perto da Empresa Águas Prata S.A. e no vale do rio do Quartel que atravessa a cidade.

A Fonte Vitoria emerge ao pé de maciço de diabásio, enquanto a Fonte Prata-Nova consiste de um conjunto de poços pouco profundos escavados nessa baixada. Sobre a Fonte Prata-Antiga situada a uns 10 m do "bebedouro" público, não se sabe exatamente sua situação geológica, devido as construções da empresa. Segundo as observações antigas, ela nasce na continuação desta planície, portanto nas formações de diabásio.

As águas dessas 3 fontes descritas acima e situadas nessa baixada, parecem ter uma origem profunda, com circulação ascendente responsável por sua mineralização.

Na Tabela II apresentamos os tipos de surgência e a litologia.

Temperatura — As temperaturas das águas das fontes Platina, Paiol N^o 1 e Vitoria estão um pouco acima da temperatura média anual da região, portanto podem ser consideradas fon-

tes hipo-termiais, e as correspondentes aos arenitos como fontes frias. As temperaturas das fontes da Empresa Águas Prata S.A. não foram medidas na nascente, portanto não são válidas para efeito de comparação.

A variação da temperatura da água com as estações (maior no verão — janeiro), é equivalente a variação da temperatura do ar com as diferentes estações. Como as águas da chuva, portanto da infiltração, variam suas temperatura com as estações, essa relação da variação da temperatura da água com a temperatura do ar indicaria que as águas tem origens superficiais.

pH — Observa-se na Tabela III a existência de dois grupos de água com pH distintos. As águas com pH mais baixo, ao redor de 5 são provenientes de fontes que surgem de arenitos e aquelas com pH ao redor de 7 são provenientes de rochas alcalinas ou diabásios.

Observou-se uma variação de pH com as estações (mais elevados no inverno — junho/julho) nas águas das fontes de rochas alcalinas e diabásio. O pH da água varia com a temperatura, ou seja aumentando a temperatura o pH diminui, o que se observou no caso das águas das rochas alcalinas. O pH não variou com as estações nas águas das fontes de arenitos.

Condutividade — Com relação à condutividade também se observou a separação das águas em dois grupos principais. Um grupo com condutividade baixa, refletindo portanto baixa salinização, corresponde às águas de arenitos silicificados. O outro grupo, com condutividade elevada, corresponde às águas provenientes de rochas alcalinas e diabásios, composta de minerais com poder de solubilização importante. Um grupo intermediário, incluiria águas das fontes provenientes de infiltração através de brechas alteradas.

A variação da condutividade também tem dois comportamentos. Nas águas das fontes Platina e Vitoria, a condutividade é maior quando a temperatura é mais baixa. Nas fontes Paiol N^o 2, Vilela, do Boi, Prata-Radioativa e Prata-Antiga a condutividade é mais elevada com temperatura mais alta. Na fonte Paiol N^o 1, não existe variação de condutividade, sendo uma perfuração, portanto não sofrendo

TABELA II. — Tipos de surgência e litologia

Fonte	Litologia	Tipo de surgência
PLATINA	Fonólito	Circulação ascendente por fissuras e fraturas.
PAIOL Nº 1	Tufos vulcânicos Foiaitos e Fonólitos	Perfuração
PAIOL Nº 2	Brechas vulcânicas alteradas com xenólitos de arenito	Percolação através de solo — surgência do paredão
VILELA	Arenito silicificado	Fraturas verticais e horizontais
VITORIA	Diabásio	Circulação ascendente por fissuras
do BOI	Arenito silicificado	Fraturas no paredão da falha
PRATA-RADIOATIVA	Arenito silicificado	Fraturas
PRATA-ANTIGA	Diabásio	Circulação ascendente por fissuras
PRATA-NOVA	Diabásio	Conjunto de poços pouco profundos

as influências do meio superficial.

Radiotividade — Somente em 6 fontes foram efetuadas medidas de radioatividade. Observa-se uma radioatividade mais elevada na Fonte Vilela que surge das fissuras de arenito. Segundo FRAYA (1957) as fraturas da formação arenítica de Águas da Prata são preenchidas por um material amarelo muito argiloso, contendo em geral, de 0,1 - 0,2% de óxido de urânio (U_3O_8). Esse urânio provem do minério zircono-uranífero existente na região. A fonte Vilela pode ser classificada como fortemente radioativa. Em compensação, a fonte Prata-Radioativa que nasce no mesmo corpo arenoso não apresenta radioa-

tividade elevada, como seria de se supor pelo nome, exibindo um valor abaixo das outras fontes.

Vazão — Não foi possível a medida da vazão em todas as fontes, porém as medidas efetuadas variam de 0,022 — 0,67 l/s e são bastante baixas, salvo da fonte Paiol Nº 1.

ASPECTOS QUÍMICOS

Resultados das análises — Os dados das análises das águas das fontes, são apresentados nas Tabelas IV e V.

Os valores de sólidos totais dissolvidos podem ser separados em 3 grupos obedecendo,

TABELA III. — Resultados das medidas físicas

Nome da fonte	data das análises	T ° C	pH	Condutivid. μ mho/cm	Radioativid. nCi/l	Vazão l/s
PLATINA	05/06/74	24,2	7	980	2.4	0,24
	10/07/74	24	7	950		
	15/01/76	24,5	6	940		
PAIOL Nº 1	05/06/74	24	7	3.400	6.2	0,67
	10/07/74	24	7	3.400		
	15/01/76	26	7,2	3.400		
PAIOL Nº 2	05/06/74	20	6,5	220		0,10
	10/07/74	20	6	215		
	16/01/76	21,5	5,7	240		
VILELA	05/06/74	18,5	5	20	34	0,25
	10/07/74	18	5	22		
	16/01/76	22	5	24		
VITORIA	05/06/74	22,3	7	1.800		0,022
	10/07/74	22	6	1.700		
	16/01/76	23	5,9	1.500		
do BOI	05/06/74	21	5	53		0,033
	10/07/74	21	5	55		
	17/01/76	22	5	78		
PRATA-RADIOATIVA	10/07/74	21	5	85	3.4	
	17/01/76	28	5,3	93		
PRATA-ANTIGA	10/07/74	20	7	2.650	10.9	
	18/01/76	24	6,2	3.100		
PRATA-NOVA	18/01/76	26	7	3.100	8.1	

Obs.: Dados de radioatividade segundo LONGO (1967)

até certo ponto, a influência da rocha armazenadora. Um grupo com sólidos totais dissolvidos muito elevado (Fontes Paiol Nº 1, Vitoria, Prata-Antiga e Prata-Nova), provenientes das rochas alcalinas e de diabásios. Somente este grupo poderia ser considerado como águas minerais baseado no critério de salinidade. Outro grupo com valores de sólidos totais dissolvidos baixos (Fontes Vilela, do Boi e Prata-Radioativa) pertencentes aos arenitos e final

mentos um grupo intermediário (Fontes Platina e Paiol Nº 2) provenientes de fonolitos e brechas vulcânicas com xenolitos de arenito (Fig. 1).

Verificou-se concentração baixa em oxigênio nas águas das fontes Platina, Paiol Nº 1 e Vitoria, indicando origem de surgência mais profunda ou seja fissuras ou perfuração (Paiol Nº 1) e mais alta nas restantes fontes de surgência superficial.

TABELA IV. - Resultados das análises - Elementos maiores (mg/l)

NOME DA FONTE	Data das análises	Sólidos Totais Dissolv.	O ₂	CO ₂	Ca	Mg	Na	K	Al	Fe	SiO ₂	HCO ₃	Cl	S0 ₄	P0 ₄	NH ₄	N0 ₂	N0 ₃
PLATINA	15/01/76	680	8	68	4,0	3,5	154,8	3,0	0	0,05	5,0	400	20	12	0,15	0,9	0,03	11,0
PAIOL Nº 1	15/01/76	2.300	6	180	10,0	15,0	572,1	3,0	0	0,018	4,0	1.340	25	180	0,08	0,4	0,03	8,3
PAIOL Nº 2	15/01/76	210	20	32	5,7	5,0	54,4	0	0,03	6,0	6,0	120	10	2	0,2	0,23	0,05	13,2
VILELA	16/01/76	28	24	40	0,31	0,17	5,0	0,01	0,02	2,3	10	2	1,5	0,12	0	0,03	6,2	
VITORIA	17/01/76	1.100	6	112	30,0	10,0	260,8	0,01	0,04	2,0	660	30	20	0,17	0	0,03	6,1	
do BOI	17/01/76	68	16	52	2,8	2,5	9,7	0,012	0	5,5	30	5	0	0,2	0,23	0,05	8,8	
PRATA-RADIOATIVA	17/01/76	74	21	28	5,0	3,5	14,3	0,002	0,02	13,0	40	10	3	0,26	0,1	0,06	7,6	
PRATA-ANTIGA	18/01/76	2.250	13	200	6,9	6,5	586,0	0,018	0,01	5,0	1.190	20	260	0,5	0,58	0,04	8,8	
PRATA-NOVA	18/01/76	2.100	17	300	7,8	15,0	457,9	0,031	0,02	5,5	1.160	35	70,2	4,7	0,2	0,03	8,8	

ANALISADAS POR: M. Szikszay

Em relação à concentração de CO_2 e HCO_3 , podemos também separar as águas das fontes em 3 grupos. Os valores mais elevados pertencem as águas das fontes Platina, Paiol Nº 1, Vitoria, Prata-Antiga e Prata-Nova, cuja razão poderia ser o fato de que a água surge de rochas vulcânicas. Os teores mais baixos pertencem as águas das fontes provenientes de arenitos e Paiol Nº 2. A origem poderia ser atribuída à atividade bioquímica.

Os teores em cloretos são mais elevados nas águas das fontes de rochas alcalinas e diabásios, devido à presença de minerais tais como apatita e sodalita fornecedores de cloreto. FELICISSIMO (1965) encontrou traços de cloreto nos tufo vulcânicos, fonolitos e foiaitos. Nos arenitos os cloretos encontram-se em teores mais baixos devido à presença somente de apatita.

Os sulfatos encontram-se com teores mais elevados nas águas provenientes de profundida-

des maiores devido ao aumento de concentração com a profundidade (SCHOELLER, 1962). A origem dos teores mais elevados é o mineral hauyna presente nas rochas alcalinas.

Os fosfatos tem teores semelhantes nas águas das fontes de emergência superficial e teores mais baixos nas águas das fontes mais profundas (Paiol Nº 1). Sua origem vem de apatita encontrada em todas as rochas e monazita nos arenitos. Os valores elevados encontrados nas fontes Prata-Nova e Prata-Antiga podem ter suas origens devido às infiltrações de fertilizantes ou concentração por causa da topografia.

O sódio é encontrado em concentrações relativamente elevadas nas águas das fontes emergentes de rochas alcalinas e diabásio devido à presença de minerais tais como ortoclásio, anortoclásio, sanidina, nefelina, aegirina, anfibólio sódico, biotita, sodalita, hauyna,

TABELA V. - Resultados das análises - Elementos traços (mg/l)

NOME	Data das análises	I	Br	F	B	Ni	Cu	Cr (total)	Co	Zn	Pb
PLATINA	15/01/76	1,3	0	1,0	1,0	0,02	0,04	0,018	0,01	0,1	0,024
PAIOL Nº 1	15/01/76	1,2	0	1,0	0,4	0,02	0,03	0,012	0,01	0,15	0,005
PAIOL Nº 2	16/01/76	0,1	0,012	1,0	0	0,01	0,02	0,018	0,01	0,11	0,015
VILELA	16/01/76	0,2	0,02	1,05	0,5	0,03	0,03	0,06	0,01	0,14	0,02
VITORIA	16/01/76	1,2	0	1,0	1,6	0,02	0,01	0,08	0,01	0,09	0,005
de BOI	17/01/76	0	0	1,0	0,6	0,02	0	0,09	0,01	0,15	0,014
PRATA F. RADIOATIVA	17/01/76	0,12	0	0,9	0,6	0,01	0,01	0,04	0,01	0,18	0,02
PRATA F. ANTIGA	18/01/76	1,5	0	1,0	1,0	0,02	0,03	0,016	0,01	0,08	0,0058
PRATA F. NOVA	18/01/76	1,8	0	1,08	0,6	0,01	0,03	0,01		0,08	0,018

Analisadas por: M. Szikszay

cancrinita e com concentrações menores nas águas de arenitos onde sua origem é devido ao mineral hornblenda. O potássio geralmente encontra-se com concentrações muito baixas nas águas porque fica retido por absorção nas argilas durante a circulação da água, apesar de se encontrar com teores elevados nos minerais das rochas.

Em todas as águas o alumínio encontra-se com teores baixos ou está abaixo dos limites de identificação, o que era de esperar tratando-se de águas com pH entre 5 - 7. O alumínio está praticamente ausente nas águas das fontes emergentes de rochas alcalinas. Encontra-se com teores baixos nas águas das fontes de arenitos e da planície aluvionar e mais elevada nas águas das fontes dos diabásios.

O ferro sempre presente nas águas, encontra-se nas nossas amostras com teores baixos, variando de 0 - 0,05 mg/l.

A quantidade de sílica dissolvida nas águas com pH baixo, geralmente não é elevada, com excessão da água da fonte Prata-Radioativa, onde a sílica provém da solubilização da sílica amorfa encontrada nas fissuras do arenito.

Os teores de nitrogênio sob as formas amônia-nitrito-nitrato não são elevados. Sua variação é controlada pela maior ou menor densidade de vegetação.

Quanto aos elementos traços observa-se que o iodeto é baixo ou ausente nas águas dos arenitos e Paiol N^o 2 que também tem xenólitos de arenito, e é mais elevado nas águas dos diabásios. Nas águas das fontes de rochas alcalinas sua origem pode provir da atividade final do vulcanismo e nos diabásios como contaminação à partir das águas de rochas alcalinas.

O brometo encontra-se somente em águas de duas fontes Paiol N^o 2 e Vilela, de onde poderíamos supor que os xenólitos de arenito encontrados nos tufos vulcânicos da fonte Paiol N^o 2 são semelhantes ou da mesma origem que os da fonte Vilela.

O fluoreto encontra-se com concentrações semelhantes em todas as águas. O fluoreto pode provir de apatita identificada nos fonolitos, tufos e foiaitos, como também nos arenitos. Ainda, pode ter sua origem nas mus-

covitas e biotitas onde pode substituir o OH⁻

O boro encontra-se em teores mais elevados nas águas provenientes de diabásios e fonolitos onde pode originar-se de minerais tais como biotita e/ou anfibólio, por substituição do OH⁻ e nos arenitos da turmalina.

O níquel também encontra-se com teores semelhantes em todas as águas. O níquel é um elemento traço que acompanha os minerais tais como hornblenda e biotita, este último bastante comum em todas as rochas.

O cobre é um elemento que acompanha os minerais hornblenda, biotita e ortoclásio identificados nas rochas alcalinas e o primeiro nos arenitos também.

O cromo encontra-se nos minerais como granada presentes nos arenitos. As concentrações em cromo de fato são mais elevados nas águas provenientes de arenitos, salvo a fonte Vitoria onde pode ser de contaminação pelas águas de arenitos (Fontes do Boi e Prata-Radioativa) localizadas as 3 na mesma baixada.

O cobalto geralmente associa-se aos minerais hornblenda, biotita e magnetita, identificados, o primeiro, nos arenitos das fontes do Boi e Prata-Radioativa, e a biotita nos fonolitos e tufos vulcânicos da fonte Paiol N^o 1 e magnetita nos arenitos do Paiol N^o 2.

O zinco encontra-se nos minerais hornblenda e biotita, identificados em todas as rochas. Está com teores mais baixos nas águas das fontes de diabásios.

O chumbo acompanha os minerais apatita ou pode ter sua origem devido a desintegração de minerais radioativos em chumbo. Encontra-se em teores mais elevados nas águas das fontes de arenitos e fonolitos e mais baixos nas de diabásios.

Resumindo, pode-se dizer que os teores altos em iodeto e boro encontram-se nos diabásios, em boro e chumbo nas rochas alcalinas e em brometo, cromo, zinco e chumbo nos arenitos.

INFLUÊNCIA DA LITOLOGIA NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS ÁGUAS

Troca de bases – Para estudar o comportamento duma parte de elementos e compostos nas águas das fontes e relacioná-las à litologia dos arredores, como também a dinâmica da água em contato com o terreno, utiliza-se inicialmente o cálculo de índice de troca de bases, segundo a formula:

$$i. e. b. = \frac{rCl - r(Na + K)}{rCl}$$

r = “reacting value” (miliequivalentes por litro)

Na Tabela VI estão relacionados os valores de índice de troca de bases e as relações características.

Observa-se 3 grupos distintos nos resultados dos cálculos de troca de bases, porém todos são negativos como era de esperar para águas que circulam em rochas cristalinas e sedimentos quartzosos (SCHOELLER, 1962). O primeiro grupo com i. e. b. baixo é proveniente de águas de rochas arenosas (Fontes Vilela, do Boi e Prata-Radioativa). O segundo grupo com i.e.b. elevado provem de águas de rochas alcalinas e diabásio (Fontes Paiol N^o 1, Prata-Antiga e Prata-Nova). O terceiro grupo intermediário pertence também as rochas alcalinas e diabásio (Fontes Platina, Paiol N^o 2 e Vitoria). De todos estes valores pode-se concluir que as águas tem circulação rápida nos aquíferos, que a maior parte dos alcalinos é fornecida pelo terreno e que a quantidade absoluta é tanto maior quanto maior é a quantidade trocável na água.

Relações características – Para comparação entre várias águas as relações características são significativas. Seus valores apresentados na Tabela VI mostram que as águas das fontes Platina, Paiol N^o 2, do Boi e Prata-Antiga; de Paiol N^o 1 e Prata-Nova; Vilela e Prata-Radioativa são semelhantes. Todos os valores são maiores que 1, salvo nas águas da fonte Vitoria. Segundo HEM (1959) quando isso se verifica é uma indicação de que o magnésio foi fornecido pela troca de bases ou pelo terreno.

Classificação das águas – Para melhor visualização da comparação das águas e para sua classificação, utilizou-se o diagrama de Piper.

Observa-se a separação das águas em dois grupos principais. O grupo I representando as águas das fontes n^o 1, 2, 5, 8 e 9 (Fontes Platina, Paiol N^o 1, Vitoria, Prata-Antiga e Prata-Nova), águas provenientes de rochas alcalinas e diabásio. O grupo II representando as águas das fontes n^o 6 e 7 (Fontes do Boi e Prata-Radioativa) provenientes de arenitos cujas emergências encontram-se próximas. As águas da fonte n^o 3 (Paiol N^o 2), intermediária entre grupo I e II representando águas de brechas vulcânicas com xenolitos de arenito. O n^o 4 (Fonte Vilela) é proveniente de arenito também, porém afastado dos dois anteriores (Fig. 1). A fonte n^o 3 assemelha-se, quanto aos elementos traços iodeto, brometo e chumbo, às águas dos arenitos, refletindo assim a influência da presença de xenolitos de arenito; e a fonte n^o 4, quanto ao iodeto, brometo e boro às águas provenientes dos arenitos, e ao cobre às águas dos diabásios e rochas alcalinas, confirmando a influência dos diabásios e rochas alcalinas mais profundas (FRAYA, 1957).

As águas podem ser classificadas como bicarbonatadas sódicas, salvo a do n^o 4 que é cloro-bicarbonatada sódica.

CONCLUSÃO

Dos estudos realizados observa-se que:

– a variação da temperatura da água está relacionada com a variação da temperatura do ar (sazonal) de onde conclue-se que as águas tem origens superficiais ou pouco profundas;

– há ligeira variação de pH com a temperatura, sendo esse maior no inverno (excessão das águas dos arenitos);

– a condutividade das águas de arenitos é menor do que aquelas das rochas alcalinas e diabásios;

– o urânio encontrado nas fendas dos arenitos, associado ao zircônio é responsável pela radioatividade da água.

TABELA VI. — Valores de índice de troca de bases e relações características.

NOME	Troca de bases i. e. b.	rMg/rCa
PLATINA	- 11,10	1,45
PAIOL Nº 1	- 34,60	2,50
PAIOL Nº 2	- 7,42	1,46
VILELA	- 3,20	1,00
VITORIA	- 12,48	0,52
de BOI	- 2,0	1,42
PRATA F. Radioativa	- 1,21	1,08
PRATA F. Antiga	- 44,48	1,58
PRATA F. Nova	- 21,15	3,20

Existem dois tipos principais de águas, distinguidas pelas características físicas e químicas diferentes. Águas de rochas alcalinas com pH ao redor de 7, condutividade alta e águas de arenitos com pH ao redor de 5, condutividade baixa. Porém as águas provenientes de arenitos mostram uma diferenciação. As águas das duas fontes (do Boi e Prata-Radioativa) são semelhantes; encontram-se próximas e as da fonte Vilela refletem a influência dos diabásios mais profundos. Quanto a Fonte Paiol Nº 2, também reflete a influência de xenólitos de arenito.

Ainda pode-se dizer que existe a influência da mesma localização também, como no caso das águas provenientes de arenitos (Fontes do Boi e Prata-Radioativa) e diabásios (Fonte Vitoria) que tem certas semelhanças quanto ao elemento traço cromo.

As águas podem ser classificadas como bicarbonatadas sódicas, e quanto a temperatura como hipo-termais as fontes Platina, Paiol Nº 1 e Vitoria e frias as dos arenitos. São águas minerais quanto aos teores de mineralização elevada duma parte, e pela radioatividade na fonte, por outra parte.

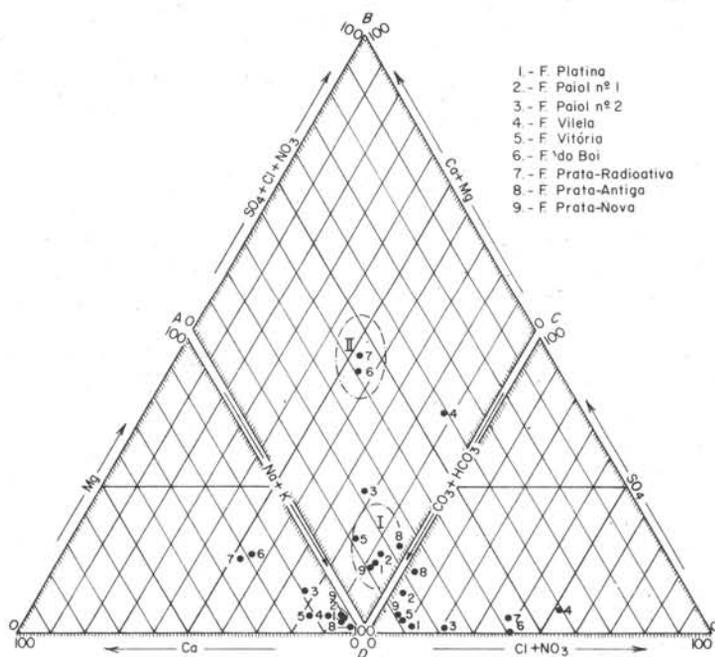


Fig. 2 - TIPOS DE ÁGUAS SEGUNDO DIAGRAMA DE PIPER

BIBLIOGRAFIA

- BJOERNBERG, A. J. S. – 1956 – Arenitos do bordo do planalto de Poços de Caldas – Anais Acad. Bras. Ciênc., V. 28 – Rio de Janeiro.
- BJOERNBERG, A. J. S. – 1959 – Rochas clásticas do planalto de Poços de Caldas – Fac. Fil. Ciênc. e Letr. – USP – Bol. N.º 237 – Geologia N.º 18.
- BJOERNBERG, A. J. S. e LANDIM, P. M. V. – 1966 – Sobre os arenitos da Serra de Mantiqueira e os arenitos da Formação Botucatu (Co-Cretáceo) – Bol. Paranaense de Geologia – 18/20 – Curitiba.
- ELLERT, R. – 1959 – Contribuição à geologia do maciço alcalino de Poços de Caldas – Bol. Fac. Fil. Ciênc. e Letr. – USP – Bol. N.º 237 – Geologia N.º 18.
- FELICISSIMO, J. – 1965 – Notas sobre a “Fonte Paiol”, Águas da Prata, São Paulo – Eng. Min. e Met. – Vol. XLI, N.º 246.
- FRAYA, R. – 1957 – Ocorrências uraníferas no arenito de Águas da Prata, São Paulo – Eng. Min. e Met. – Vol. XXVI, N.º 154
- HEM, J. D. – 1959 – Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water – Geol. Survey Water Supply Paper – 1473 – Unit. States Govern. Printing Office, Washington.
- LONGO, O.W. – 1967 – Águas radioativas do Estado de São Paulo – Revista do Inst. Geogr. e Geol. – N.º 19 – São Paulo.
- SCHOELLER, H. – 1962 – Les eaux souterraines – Masson & Cie Éditeurs, Paris.
- SOUZA LOPES, R. – 1956 – Águas Minerais do Brasil – DNPM – Rio de Janeiro.
- SZIKSZAY, M. et TEISSEDRE, J. – M. – 1976 – Aspects hydrogéochimiques des sources limitrophes du bassin de São Paulo, Brésil – Conferência Internacional de Hidrogeologia, Budapest, Hungria.