

Maria Szikszay
Jean-Marie Teissedre

Fontes da bacia sedimentar do Paraná Estado de São Paulo

RESUMÉ

Faisant suite aux études et déterminations physico-chimiques des eaux des sources de l'État de São Paulo, le présent travail se rapporte aux 9 griffons ou forages du bassin sédimentaire du Paraná.

Les eaux peuvent-êtré classées dans 4 groupes: chlorosodiques (Águas de São Pedro), bicarbonatées magnésiennes (Fonte Natal), bicarbonatées calciques (Fonte Santa Barbara) et bicarbonatées sodiques (Termas de Ibirá e Quilombo).

Les résultats des mesures physico-chimiques confirment la lithologie ainsi que les profondeurs d'émergence. On observe une augmentation du bore en fonction de la profondeur ainsi que du chlore et du sodium dans les eaux de Águas de São Pedro. Dans ces eaux on note également des teneurs élevées en fluor liées à la présence du sodium.

Les eaux de Águas de São Pedro son considérées minérales en fonction des concentrations élevées en sels dissous et des teneurs en iode, brome, fluor et bore. Du point de vue température, les eaux sont thermales, (Águas de São Pedro) mésothermales (Quilombo et Santa Barbara) hypothermales. Toutes les autres eaux appartiennent à la catégorie des eaux de table. D'après la radioactivité elles sont toutes inférieures à la classe faiblement radioactive.

RESUMO

Em continuação ao levantamento e determinações físico-químicas das águas das fontes do Estado de São Paulo, esse trabalho refere-se às 9 fontes ou poços da bacia sedimentar do Paraná.

As águas de Águas de São Pedro são ricas em cloretos, assim como em sódio refletindo tanto a profundidade como a litologia onde as

águas circulam. Existem concentrações elevadas em fluoreto nessas águas correlacionadas com os teores em sódio.

Verificou-se variação da concentração do boro com a profundidade, ou seja, teores mais elevados nos poços mais profundos.

Tanto os resultados das medidas físicas como químicas refletem as condições de profundidade assim como da litologia.

As águas classificam-se em 4 grupos: Cloretadas sódicas (Águas de São Pedro), bicarbonatadas magnésianas (Fonte Natal), bicarbonatadas cálcicas (Fonte Santa Barbara) e bicarbonatadas sódicas (Termas de Ibirá e Quilombo).

As águas de São Pedro são águas minerais pelas concentrações elevadas de sólidos totais dissolvidos associadas a presença de teores significativos de iodeto, brometo, fluoreto e boro. As águas são termais, (Águas de São Pedro) mesotermais, (Quilombo e Santa Barbara) hipotermiais.

Os valores de radioatividade as colocam abaixo da categoria de águas fracamente radioativas.

As demais águas podem ser consideradas como águas de mesa.

INTRODUÇÃO

Este trabalho é a continuação dos estudos químicos, físicos e geológicos das águas das fontes do Estado de São Paulo, iniciados em 1976 e refere-se as águas das "fontes" da bacia do Paraná no Estado de São Paulo. Foram analisadas as águas das fontes das estâncias de Termas de Ibirá, Águas de São Pedro, Santa Barbara do Rio Pardo, Quilombo (perto de Itacanga) e Americana. Ao total foram visitadas 9 fontes, todas pertencentes as formações sedimentares e basálticas da Bacia do Paraná.

A metodologia empregada bem como a finalidade desses estudos foram abordadas e descritas nos trabalhos anteriores sobre as águas das fontes dos arredores da bacia de São Paulo (SZIKSZAY & TEIS-SEDE, 1977).

Para as fontes apresentadas no presente trabalho, foi dado maior ênfase à parte de correlação da composição química das águas com as rochas, por se tratar, na maioria dos casos, de poços profundos artesianos atravessando várias formações sedimentares, ou de poços rasos jorrantes.

QUADRO GEOLÓGICO

A região ora estudada abrange várias formações da Bacia do Paraná, e para melhor visualizar o comportamento água-rocha, convém abordar as feições litostratigráficas e hidrogeológicas da bacia (RE-

BOUÇAS, 1976).

No Estado de São Paulo, o Grupo Paraná, de idade Devoniana, é representado pela Formação Furnas discordante sobre o embasamento cristalino. Esta formação é constituída por um pacote relativamente complexo de sedimentos predominantemente arenosos com intercalações de camadas silto-argilosas e horizontes conglomeráticos na base. Captando esta formação ocorrem os sedimentos heterogêneos do Grupo Tubarão do Permo-Carbonífero. O pacote sedimentar atinge espessura de mais de 1000m e assenta-se discordantemente, seja sobre a Formação Furnas seja no embasamento cristalino. Os sedimentos basais são representados por arenitos glaciais nos quais encontram-se siltitos e conglomerados. Na parte superior, com uma espessura máxima de 400m, predominam arenitos maciços de granulação grossa, intercalados com finos leitos de folhelhos, siltitos e camadas de carvão. Sobre o Grupo Tubarão jazem os sedimentos do Permiano Superior, do Grupo Passa Dois, cuja espessura varia de 200 a 600m. Este Grupo se subdivide, no Estado em duas formações. Na base aparece a Formação Irati representada por argilitos e folhelhos pirobetuminosos associados a lentes de calcário de pequena espessura e intercalação de siltitos; no topo encontra-se a Formação Estrada Nova constituída por arenitos e siltitos cinza e marrom esverdeados, e argilitos pretos intercalados. Discordantemente sobre a Formação Estrada Nova se depositaram os arenitos eólicos Triássicos das Formações Pirambóia e Botucatu. Este arenito de granulação fina a média, bem arredondada, cuja espessura atinge 300m, foi recoberto pelos derrames basálticos da Formação Serra Geral no Cretáceo Inferior. O capesamento basáltico alcança mais de 1500m de espessura e representa a fase final do Grupo São Bento. Sobrejacente aos basaltos aparece a Formação Bauru do Cretáceo Superior formada por vários litofácies. Litologicamente o Bauru é caracterizado por arenitos, arenitos argilosos e siltitos com ou sem cimentação carbonática. A espessura dos sedimentos varia bastante em função da estrutura geológica e da morfologia.

As fontes ou os poços levantados neste estudo encontram-se dentro deste contexto geológico descrito acima (Figura 1).

FIGURA 1. Localização das fontes no mapa geológico do Estado.

FORMAS DE OCORRÊNCIA DOS FONTOS D'ÁGUA: Na fonte Natal a água brota no contato de lentes de argilitos com arenitos pertencentes ao Grupo Tubarão. Isto pode ser verificado abaixo da fonte num afloramento onde aparecem lentes de arenitos com argila marrom, arenito coído de cor a marelada e arenito de cor cinzenta, todos contendo seixos e intercalados com argilitos.

As Águas de São Pedro, as denominadas fontes, são poços de mais ou menos 500m de profundidade, todos eles artesianos entre a cota 470 e 480 m aproximadamente e localizados em cima dos arenitos da Formação Botucatu-Pirambóia. Estes poços foram perfurados em 1929-30 e atravessariam as Formações Estrada Nova e Irati, penetrando parcialmente no Grupo Tubarão. Desde que a descrição litológica não é conhecida

detalhadamente, supõe-se esta interpretação como provável, segundo os dados dos mapas de isopacas das formações atravessadas elaborados pela Petrobrás.

Em Santa Bárbara do Rio Pardo a fonte estudada localiza-se sobre os afloramentos basálticos da Formação Serra Geral. Além da superfície foi identificada uma zona bastante alterada com basalto vesicular deixando suspeitar uma zona de fratura ou uma falha dentro dos basaltos. Na proximidade da fonte foi perfurado um poço artesiano com vazão de 80 m³/h que provavelmente atinge a Formação Botucatu.

Nas Termas de Ibirá as fontes examinadas correspondem à poços artesanais pouco profundos, dentro dos arenitos Bauru. A fonte Carlos Gomes é um poço de 62m de profundidade e a fonte Nova, no mesmo alinhamento, um poço de 310m profundidade atravessando 30m de arenito Bauru e penetrando os demais metros nos basaltos. A fonte Santa Fé ou Ibirá, bastante próxima das fontes anteriores no mesmo vale, foi perfurada na Formação Bauru até 23m e de 23 até 35 m no basalto. Recentemente, duas outras perfurações foram realizadas num raio de 100m atravessando de 0 a 22m sedimentos da Formação Bauru e de 22m a 52m o basalto. De 29m a 46m foi identificada na perfuração uma camada bastante porosa fornecedora de água, sendo que a parte superficial até os 23m foi revestida e cimentada. Esses poços não apresentaram condições de artesianismo mas o nível piezométrico encontra-se a 3,5m da superfície, numa cota mais ou menos igual as demais fontes.

Mais ao sul encontra-se a fonte Quilombo, situada no fundo de um vale, localizada sobre os arenitos Bauru. A fonte consiste de uma cacimba, jorrante, de profundidade desconhecida. Supõe-se que existe circulação ascendente da mesma forma que nas Termas de Ibirá onde brotavam várias fontes antes da execução das perfurações.

Todos os dados referentes a geologia de cada fonte, bem como o tipo de surgência encontram-se resumidos na Tabela I.

TABELA I. Formas de ocorrência e litologias.

ASPECTOS FÍSICOS: Os resultados das medidas físicas efetuadas no campo e no laboratório encontram-se sintetizados na Tabela II.

TABELA II. Resultados das medidas físicas.

Observa-se, de maneira geral, que existe uma grande variação de certos parâmetros de uma fonte para outra. Geologicamente esta divergência tem um significado preciso.

TEMPERATURA: As temperaturas variam de 23° até 32°C, portanto acima da temperatura média ambiental. As fontes de Ibirá apresentam uma temperatura homogênea sendo que a água provem da mesma camada vesicular do basalto identificada entre 29m e 46m de profundidade. A fonte natural mais fria é a de Americana cuja temperatura corresponde a média anual da temperatura ambiente. As fontes de Santa Bárbara do Rio Pardo e de

Quilombo com temperaturas de 27°C refletem águas provenientes de camadas mais profundas, ascendentes pelas fraturas, como foi assinalado na descrição geológica. As fontes de Águas de São Pedro sofrem a influência do gradiente geotérmico, com a exceção da fonte Almeida Salles com temperatura de 25°C. Essa temperatura mais baixa se deve ao fato de o poço estar fechado, impedindo a surgência natural da água, e engendram um resfriamento superficial dentro do revestimento. A água sendo coletada nos primeiros minutos não houve tempo para obter-se a mistura e a subida da água profunda, portanto foi obtido um valor de temperatura irreal. Essas águas com temperaturas superiores de 30°C podem ser classificadas de mesotermiais, enquanto que as fontes de Quilombo, Santa Bárbara de hipotermiais, e as águas das demais fontes de frias.

pH: Os valores de pH variam de ácido a fracamente básico. Distinguem-se dois tipos principais de águas: os das fontes de Americana, Águas de São Pedro e Santa Bárbara do Rio Pardo, com valores abaixo de 7 e as das fontes de Termas de Ibirá e Quilombo com pH de 8,6 a 8,9. Geralmente, os valores altos de pH podem ser atribuídos às águas provenientes dos basaltos enquanto que os valores baixos, às águas provenientes de arenitos, argilitos e folhelhos. Na fonte de Santa Bárbara a água pode ter a influência dos arenitos sobpostos ao basalto.

CONDUTIVIDADE: A condutividade elétrica da água, refletindo sua concentração em sais, varia de 19 até 4100 umho/cm. Os resultados são praticamente coerentes com a geologia e a litologia das camadas atravessadas. A fonte Natal com condutividade baixa corresponde a uma água pouco mineralizada de circulação rápida. A fonte Santa Bárbara com a condutividade de 170 umho/cm mostra uma circulação rápida de água não permitindo dissolução de sais nas fraturas, ou também pode provir do aquífero inferior ou seja do arenito do Botucatu cujas águas são pouco carregadas em sais. A fonte Quilombo mostra condutividade mais elevada, observada também nas águas de Termas de Ibirá, cuja condutividade está em torno de 600 umho/cm. Nesses poços deve haver uma dissolução na parte vesicular do basalto bem como uma circulação ascendente da água nas fraturas. Nas águas de Águas de São Pedro esse fenômeno é ainda mais acentuado por se tratar de águas provenientes de camadas geológicas profundas, tais como as da Formação Irai. Essas águas que apresentam condutividade de 2800 a 4100 umho/cm são muito carregadas em gás sulfídrico comprovando assim sua origem profunda. Em resumo, os resultados bastante heterogeneos refletem as origens dessas águas e permitem uma classificação em função das formações geológicas armazenadoras ou fornecedoras das águas.

RADIOATIVIDADE: Como era de se esperar, em função da litologia encontrada, os valores de radioatividade são muito baixos, na maioria inferiores a 1 nCi/l. Todas as águas pertencem a classe de águas abaixo de fracamente radioativas.

VAZÃO: As medidas de vazão apresentam uma grande amplitude, variando de 0,2 l/s a 14 l/s. Na maioria dos casos, por se tratar de poços artesianos, as vazões giram em torno de 2 l/s, enquanto que nas fontes naturais podem alcançar 14 l/s como em Santa Bárbara do Rio Pardo. Nas

se caso, a elevada quantidade de água é facilitada por circulação ascendente nas fraturas dentro do basalto. A vazão da fonte Natal reflete uma circulação superficial dependendo da recarga da água da chuva, cuja saída é condicionada pelas lentes mais argilosas sotopostas.

ASPECTOS QUÍMICOS, Resultados das análises: Os resultados das análises das águas das fontes acima mencionadas encontram-se nas Tabelas III e IV.

TABELA III. Resultados das análises.
Elementos principais (mg/l)

Com referência aos sólidos totais dissolvidos e de acórdio com a condutividade, observa-se na Tabela III que as águas agrupam-se em 3 grupos principais, refletindo as condições geológicas e as profundidades mencionadas em relação com a condutividade.

Os teores em oxigênio dissolvido são baixos nas águas dos poços profundos e mais elevados nas águas mais rasas.

O gás carbônico dissolvido varia tanto com a profundidade - como com a relação de HCO_3/CO_2 . Nas águas profundas o gás carbônico é nulo, salvo na fonte Gioconda, onde ele poderia ser proveniente dos folhelhos pirobetumínicos. A pressão de CO_2 em poços de pesquisa de petróleo é um indicador da presença de óleo, portanto mostrando que esse CO_2 teria origem na Formação Irati.

As águas das fontes de Águas de São Pedro são ricas em cloretos, refletindo, de um lado, a profundidade das perfurações e, de outro lado, a litologia (argilitos, folhelhos pirobetumínicos).

Em relação aos sulfatos verifica-se também que existem teores mais elevados nas águas dos poços mais profundos do que nas águas de fontes mais superficiais. Verifica-se que nas águas de Termas de Ibirá, de origem menos profunda do que as de Águas de São Pedro, o conteúdo em sulfato é bastante elevado. Essas fontes, bem como a de Quilombo situam-se num alinhamento NW-SE de Icó até Bauru que forma uma anomalia regional identificada por TEISSEIRE (1976) em estudo de Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo. Essa faixa corresponderia a uma zona de fraturas dentro do basalto e o sulfato seria oriundo de mineração secundária preenchendo as fissuras. Outra hipótese seria que as águas surgentes sejam provenientes de camadas mais profundas com circulação ascendente nessas fraturas. Também pode haver simultaneidade de dois mecanismos.

Os fosfatos encontram-se com teores mais elevados nas águas das fontes Juventude, Almeida Salles e Santa Bárbara, com concentrações semelhantes nas das fontes Gioconda e Quilombo e mais baixas nas de Termas de Ibirá.

As concentrações em amônia são mais elevadas na fonte Juventude onde os nitratos encontram-se com teores muito elevados refletin-

do matéria orgânica decomposto. Como esta água é utilizada somente para os banhos, não existe problema de ultrapassar os limites de potabilidade.

O cation predominante, na maioria das águas, é o sódio, se tratando de poços bastante profundos atravessando aquíferos com argilas fornecedores de sódio. Nas águas de Águas de São Pedro, de Termas de Ibirá e Quilombo o sódio encontra-se associado ao cloreto e/ou sulfato. O cálcio é predominante somente nas águas da fonte Santa Bárbara emergente de basaltos e o magnésio nas águas da fonte Natal.

O alumínio encontra-se somente nas águas das fontes Natal, Gioconda e as 3 de Termas de Ibirá. A solubilidade desse elemento é controlada principalmente pelo pH ou seja valores que se encontram ora abaixo de 5 ora acima de 8, valores esses encontrados nas águas acima mencionadas.

Os teores em ferro, em geral baixos, são ligeiramente mais elevados nas águas das fontes Juventude e Almeida Salles.

As concentrações em sílica são mais elevadas nas águas das fontes Juventude e Quilombo com temperaturas 30,50C e 270C respectivamente, o que estaria correlacionado com o fato que a solubilidade da sílica ser maior nas temperaturas mais elevadas.

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

Quanto aos elementos menores, observa-se na Tabela IV que existem semelhanças em iodeto nas águas de fontes Juventude e Almeida Salles, Carlos Gomes, Gioconda e Quilombo e Ibirá-Santa Fé e Nova. Os teores em brometo são mais ou menos semelhantes e somente nas águas da fonte Quilombo encontram-se valores mais elevados. As concentrações em fluoreto são semelhantes nas águas das 3 fontes de Águas de São Pedro onde encontram-se com valores bastante elevados. Nas águas das 3 fontes de Termas de Ibirá os valores são semelhantes também. Teores mais baixos em fluoreto encontram-se nas águas das fontes Natal, Santa Bárbara e Quilombo.

As concentrações em boro são elevadas nas águas das 3 fontes de Águas de São Pedro; muito elevada na fonte Nova de Termas de Ibirá e semelhantes nas demais águas.

Os elementos iodeto e brometo relacionam-se com águas emergentes de sedimentos onde deve ter existido vida vegetal e que se encontram nas profundidades (as 3 fontes de Águas de São Pedro e fonte Nova de Termas de Ibirá). Os elevados teores em fluoreto nas águas das fontes de Águas de São Pedro, devem, talvez, ao fato que nos sedimentos de onde essas águas emergem os minerais de argila provenientes da alteração das micas podiam ter concentrado teores elevados em fluoreto. Concentrações mais que 1 mg/l encontram-se em águas onde o cation predominante é o sódio (HEM, 1959) porque o NaF é muito solúvel na a-

gua e é o que se observa no caso acima mencionado.

O boro varia com a profundidade ou seja, poços mais profundos contém teores mais elevados.

Os teores em níquel são semelhantes em todas as águas, com exceção das fontes Juventude e Almeida Salles onde há ausência. Os teores em cobre são mais elevados nas águas das fontes Carlos Gomes e Quilombo. As concentrações de cromo são semelhantes nas águas das fontes Gioconda e Quilombo e muito elevadas nas de Santa Bárbara, relacionada das com o basalto. Não se observa variação grande em zinco nas águas estudadas. Os teores em chumbo são bastante elevados nas águas da fonte Quilombo, semelhantes nas das fontes Gioconda e Nova e iguais nas duas restantes de Termas de Ibirá.

INFLUÊNCIA DA LITOLOGIA NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA - 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 o cálculo de índice de troca de bases, segundo a fórmula:

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

r = "reacting value" (miliequivalente por litro)

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

TABELA V - Valores de índice de troca de bases e Relações características.

Como se observa na Tabela V, os valores de índice de troca de bases são todos negativos porém próximos de zero com exceção das águas das fontes de Termas de Ibirá e Quilombo. Os valores negativos, próximos a zero, podem indicar águas que estão em equilíbrio com o aquífero, refletindo uma circulação lenta e prolongada (fontes de Águas de São Pedro), ou águas que circulam em aquíferos onde a água fornece os alcalis para o terreno, que seria no caso de aquíferos de arenitos como no caso da fonte Natal, ou que a circulação é rápida, como nas fraturas dos basaltos da fonte Santa Bárbara. Os valores negativos elevados das águas das fontes de Termas de Ibirá assim como de Quilombo indicam a dissolução bastante intensiva que poderá ter ocorrido, desde que essas águas circulam no mesmo aquífero, ou seja, nos arenitos Bau-ru cimentados com carbonato de cálcio. Existe um decréscimo nos valores de i.e.b. nas águas de Termas de Ibirá, com o aumento da profundidade assim a diminuição da velocidade de circulação das águas às profundidades maiores e o maior poder de dissolução.

RELAÇÕES CARACTERÍSTICAS: Observando a Tabela V verifica-se a semelhança das relações características das águas das 3 fontes de Águas de São Pedro, refletindo litologia semelhante, ou seja, influência do magne-

sio proveniente dos minerais de argila. O outro grupo com valores elevados representa águas de duas fontes de Termas de Ibirá refletindo tanto a influência dos basaltos como do arenito da Formação Bauru. Com valores mais baixos encontram-se as águas das Fontes Santa Bárbara e Quilombo onde o fornecimento de cálcio deve ter sido superior ao do magnésio. Num caso seria proveniente de basaltos e noutro reflete o conteúdo carbonático do arenito Bauru.

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS - Para melhor clareza da comparação das águas e para sua classificação, utilizou-se o diagrama de Piper.

FIGURA 2. DIAGRAMA DE PIPER

Observando o diagrama de Piper verifica-se a existência de 3 grupos de águas. As do grupo I (n^{os}. 2, 3 e 4) são águas das fontes de Águas de São Pedro provenientes de litologia semelhante, ou seja, argilitos, siltitos, folhelhos e arenitos e classificam-se como águas clorretadas sódicas. O grupo II (n^{os}. 1 e 5), fontes Natal e Santa Bárbara, uma proveniente de arenitos e outra de basaltos, classificam-se como bicarbonatada magnesiana (n^o 1) e bicarbonatada cálcica (n^o 5). O grupo III referente às fontes de Termas de Ibirá (n^{os}. 6, 7 e 8) e de Quilombo (n^o 9), refletem também a litologia semelhante, ou seja, proveniente de arenitos da Formação Bauru e basaltos (Termas de Ibirá) e arenito Bauru as de Quilombo e classificam-se como bicarbonatadas sódicas.

CONCLUSÃO - Pelos resultados desse estudo pode se concluir que as águas das "fontes" da bacia do Paraná, quanto a temperatura, são águas mesotermiais (Águas de São Pedro), hipotermiais (Santa Bárbara e Quilombo) e as demais frias. Quanto a pH dividem-se em 2 grupos: um grupo com pH abaixo de 7 (fontes: Natal, de Águas de São Pedro e Santa Bárbara) e entre 8,6 e 8,9 (Termas de Ibirá e Quilombo). A condutividade elétrica é muito elevada nas águas de Águas de São Pedro, média das de Termas de Ibirá, Quilombo e Santa Bárbara e baixa da fonte Natal, refletindo os sólidos totais dissolvidos na mesma proporção.

As águas de Águas de São Pedro são ricas em clorretos, assim como em sódio, refletindo tanto a profundidade como a litologia onde asas águas circulam.

O fluoreto encontra-se com teores elevados nas águas de Águas de São Pedro, refletindo talvez minerais de argila ricos em fluoreto, proveniente da alteração de micas, assim como a influência de teores elevados de sódio, o que facilitaria a solubilidade de fluoreto como fluoreto de sódio.

Observou-se a variação dos teores em boro com a profundidade, ou seja, teores mais elevados nos poços mais profundos, como é normal.

Tanto os resultados das medidas físicas como químicas refletem as condições de profundidade assim como da litologia. Os valo-

res de índice de troca de bases corroboram a circulação mais lenta das águas nas maiores profundidades, possibilitando a dissolução mais intensa.

As águas classificam-se em 4 grupos. São cloretadas sódicas (Águas de São Pedro), bicarbonatada magnesiânica (fonte Natal), bicarbonatada cálcica (fonte Santa Bárbara) e bicarbonatadas sódicas (Termas de Ibirã e Quilombo).

Dentre as águas acima estudadas, podem ser consideradas como minerais, pelas concentrações elevadas (mais que 1 g/l), as águas de Águas de São Pedro. Além disso essas concentrações acham associada a presença de teores significativos de elementos tais como iodo, boro, fluoreto e boro.

As águas de Águas de São Pedro são mesotermiais, enquanto Quilombo e Santa Bárbara são hipotermiais.

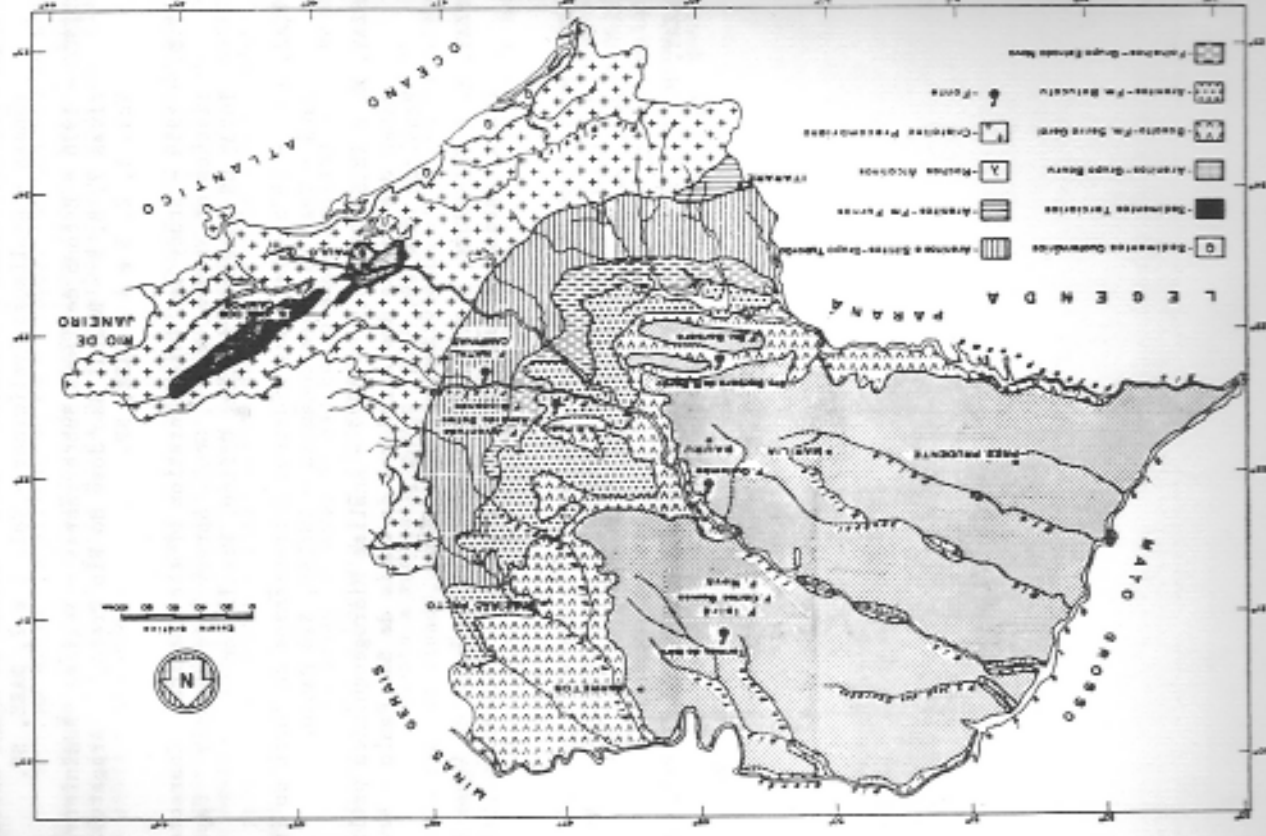
Quanto a radioatividade, todas as águas encontram-se com certa radioatividade, porém essa radioatividade as coloca na categoria de águas abaixo de fracamente radioativas.

As demais águas enquadram-se na categoria e águas de mesa.

Queremos expressar nossos agradecimentos a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela ajuda financeira. Ainda os nossos agradecimentos para a química Maria Helena de OLIVEIRA SAMPA do Instituto de Energia Atômica (IEA), USP, São Paulo, pelas determinações de radioatividade das amostras das águas, assim como aos responsáveis (gerentes e administradores) das fontes, pela gentileza com que fomos recebidos.

BIBLIOGRAFIA

- DAEE/TAHAL/GROPEQUISADORA BRASILEIRA - 1972 - Estudo de Águas Subterrâneas - Avaliação Preliminar - Vol. 1 e 2, DAEE, SP.
- DAEE/ENCO - 1976 - Estudo de Águas Subterrâneas - Regiões Administrativas 7, 8, 9 - Bauru, São José do Rio Preto, Araçatuba, Vol. 1, 2, 3 e 4 - DAEE, SP.
- HEM, J.D. - 1959 - Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water, Geol. Survey Water-Supply Paper 1473, US Govern. Printing Office, Washington.
- REBOUÇAS, A.C. - 1976 - Recursos Hídricos Subterrâneos da Bacia do Paraná - Tese de Livre Docência - IS/USP, São Paulo.
- SZIKSZAY, M. & TEISSEDER, J.M. - 1977 - Análise Hidrogeológica preliminar das fontes dos arredores da bacia de São Paulo - Rev. Bras. de Geociên., Vol. 7, nº 1.
- SZIKSZAY, M. & TEISSEDER, J.M. - 1977 - Fontes da Estância de Águas da Prata, Estado de São Paulo - Bol. do Inst. de Geociên., Vol. 8.
- SZIKSZAY, M. & TEISSEDER, J.M. - Análise hidrogeológica preliminar das águas das fontes da região de Águas de Lindóia - Rev. Bras. de Geociên. - No prelo.
- SKIKSZAY, M. & TEISSEDER, J.M. - Fontes de Campos de Jordão - Bol. do Inst. de Geociên. USP - No prelo.



- 1 - F. NATAL
 - Americana
 2 - F. JUVENTUDE
 - Águas de S. Pedro
 3 - F. ALMEIDA SALLES
 - Águas de S. Pedro
 4 - F. GIOCONDA
 - Águas de S. Pedro
 5 - F. STA. BARBARA
 - Sta. Barbara do Rio Preto
 6 - F. IBIRÁ
 - Ibirá
 7 - F. CARLOS GOMES
 - Ibirá
 8 - F. NOVA
 - Ibirá
 9 - F. QUILOMBO
 - Quilombo

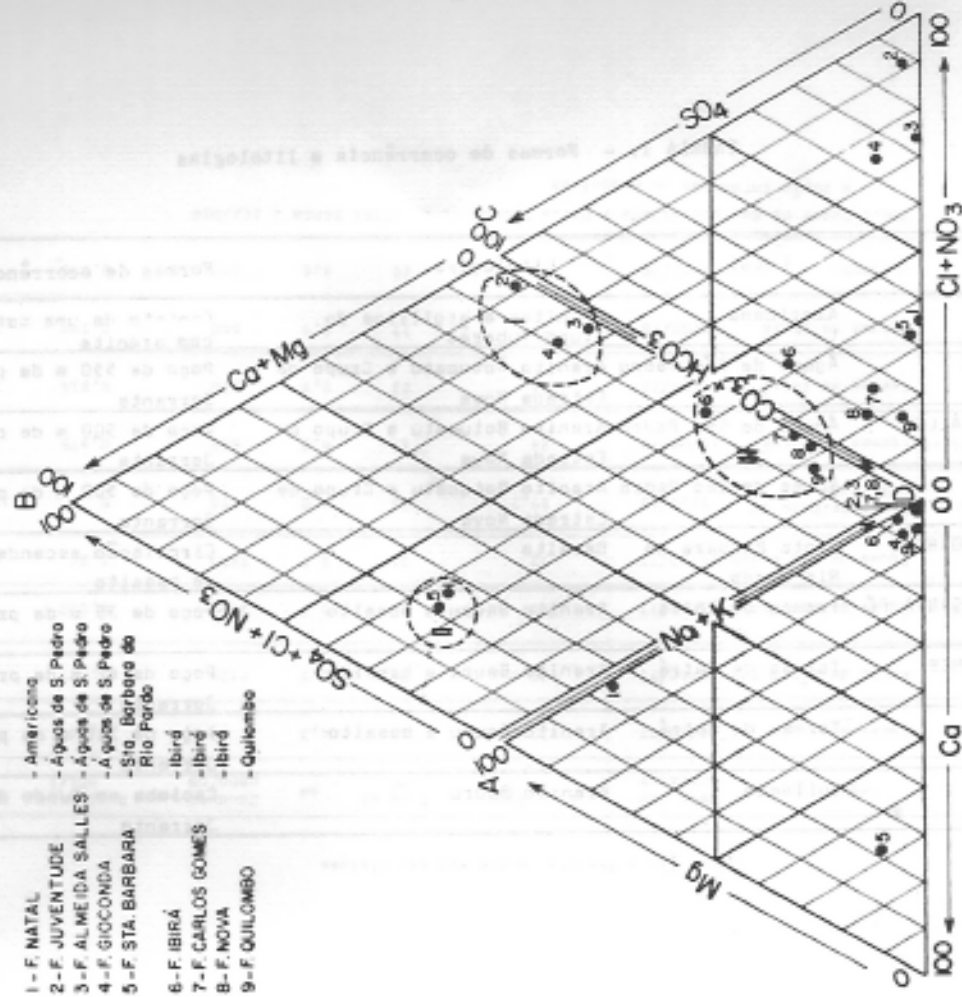


Fig. 2 - DIAGRAMA DE PIPER

TABELA I. - Formas de ocorrência e litologias

Nome da fonte	Local	Litologias	Formas de ocorrência
Fonte NATAL	Americana	Arenitas e argilitas do Grupo Tubarão	Fonte de vas cerada argilosa com arenitas
Fonte JUVENUDE	Agua de São Pedro	Arenito Botucatu e Grupo de Estrada Nova	Pogo de 550 m de profundidade
Fonte ALMEIDA SALLES	Agua de São Pedro	Arenito Botucatu e Grupo de Estrada Nova	Pogo de 500 m de profundidade
Fonte GIOCONDA	Agua de São Pedro	Arenito Botucatu e Grupo de Estrada Nova	Pogo de 500 m de profundidade
Fonte SANTA BARBARA	Santa Barbara do Rio Parado	Santa Barbara do Basalto	Circulação ascendente nas fraturas de basalto
Fonte IBIRA ou SANTA FE	Termas de Ibirá	Arenito Bauru e basalto	Pogo de 35 m de profundidade
Fonte CARLOS GOMES	Termas de Ibirá	Arenito Bauru e basalto	Pogo de 62 m de profundidade
Fonte NOVA	Termas de Ibirá	Arenito Bauru e basalto	Pogo de 310 m de profundidade
Fonte QUILIMBO	Quilombo	Arenito Bauru	Caixas no fundo do vale
			Jorrante

TABELA II. - Resultados das medições físicas

Nome da fonte	Local	Data das medições	T de água °C	T de ar °C	pH	Condutiv. µmho/cm	Redoxativ. mV/l	Yarso l/s
Fonte NATAL	Americana	16/10/77	23	25	6,5	19	0,56	0,2
Fonte JUVENUDE	Águas de São Pedro	15/10/77	30,5	27,5	6,5	4100	0,087	2,0
Fonte ALMEIDA SALLES	Águas de São Pedro	15/10/77	25	21	5,7	3600	0,050	1,4
Fonte CIGONDA	Águas de São Pedro	15/10/77	32	31	5,7	2800	1,26	2,0
Fonte SANTA BARBARA	Santa Bárbara do Rio Preto	7/05/78	27,2	25	5,0	170	0	14,0
Fonte IDIRÁ ou SANTA FÉ	Terres de Ibité	26/08/78	24	17	8,8	620	0,478	5,5
Fonte CARLOS GOMES	Terres de Ibité	26/08/78	24	23	8,9	630	0,214	2,0
Fonte NOVA	Terres de Ibité	26/08/78	24	27	8,9	640	0,190	1,4
Fonte QUILIMBO	Quilombo	9/12/78	27	28	8,6	360	0,370	4,0

Obs.: Dados de Radiação e Marcas Helena de OLIVEIRA, SAMPA - ICA/USP

* Valor Inferido ou calculado

TABELA III - Resultados das Análises - Elementos Principais (mg/l)

NOME DA PÓRTE	LOCAL	DATA DAS ANÁLISES	SOLUÇÕES																	
			Ca	Mg	Na + K	Al	Fe	Sr	HCO ₃	Cl	NO ₃	NO ₂	NH ₄	NO ₂						
FONTE SANTA MARIANA	Municípios	14/10/77	20,5	8	18	0	2,5	1	1	0,011	0,01	5,3	10	0	1,5	0,1	0,17	0,1	0,02	3,5
			Águas de São Pedro	2600	0	0	1,45	1,58	520	2,8	0	0,04	13	75	0	950	54	0,58	3,9	0,03
FONTE ALBERTINA	SÃO PEDRO	15/10/77	2500	3	0	1,45	1,2	800	4,1	0	0,04	8,5	430	0	225	4,0	0,6	0,1	0,03	23,1
			Águas de São Pedro	2000	3	0	1,5	11,9	375	3,6	0,015	0,01	6,6	390	0	380	83	0,32	0,19	0,92
FONTE GIACOMINA	SÃO PEDRO	15/10/77	2000	3	0	1,5	11,9	375	3,6	0,015	0,01	6,6	390	0	380	83	0,32	0,19	0,92	29,0
			Águas de São Pedro	120	8	32	22,2	2,1	8,5	-	0	0	6,4	60	0	10	2	0,7	0	0,03
FONTE SANTA DEBORA	SÃO PEDRO	07/05/78	120	8	32	22,2	2,1	8,5	-	0	0	6,4	60	0	10	2	0,7	0	0,03	14,0
			Águas de São Pedro	460	3	0	0,79	1,47	99,2	-	0,022	0	8,8	86	44,8	5	69,1	0,11	0	0,03
FONTE IRENE DE SALES	SÃO PEDRO	26/08/78	460	9	0	0	0	100	0,6	0,016	0,03	6,4	110	48	15	24	0,16	0	0,03	13,6
			Águas de São Pedro	480	4	0	0,6	1,8	72	1,9	0,019	0,02	5,9	90	136	15	37	0,10	0	0,02
FONTE NOVA IRENE	SÃO PEDRO	26/08/78	480	4	0	0,6	1,8	72	1,9	0,019	0,02	5,9	90	136	15	37	0,10	0	0,02	13,2
			Águas de São Pedro	230	5	0	3,5	0,48	73,6	-	0	0,01	11,8	110	12	10	8	0,15	0	0,07

Análises por: Maria Seleny

TABELA III - Resultados das Análises - Elementos Principais (mg/l)

11.01.10 IV - Resultados das análises - Elementos menores (mg/l)

Nome da Fonte	Local	Data das análises	Br	F	S	NL	Cu	Cr(totais)	Zn	Pb	
Fonte NATAL	Aerolense	14/10/77	0,19	0,01	0,35	0	0,05	0	0,05	0,12	0,02
Fonte JUVENILDE	Agua de São Pedro	15/10/77	3,0	0,02	8,0	2,5	0	0,06	0,06	0,14	0,031
Fonte ALMEIDA	Agua de São Pedro	15/10/77	2,0	0,01	10,0	2,0	0	0,03	0,06	0,13	0,079
Fonte GIGONHA	Agua de São Pedro	15/10/77	0,6	0,02	8,1	1,9	0,04	0,14	0,15	0,15	0,125
Fonte SANTA BARBARA	Santa Barbara do Rio Pardo	7/05/78	0,1	0	0,45	0,8	0,01	0,06	0,3	0,11	0,018
Fonte ISIRI ou SANTA	Terras de Ipirá	26/08/78	0,5	0,01	0,90	1,4	0,04	0,08	0,03	0,10	0,051
Fonte CARLOS GOMES	Terras de Ipirá	26/08/78	0,8	0,014	0,80	0,9	0,04	0,11	0,034	0,18	0,051
Fonte NOVA	Terras de Ipirá	26/08/78	0,7	0,01	0,80	6,0	0,04	0,08	0,044	0,17	0,12
Fonte GUILHERMO	Quilombo	9/12/78	0,78	0,038	0,42	1,0	0,04	0,3	0,11	0,19	0,24

Análises por: Maria Sclerzer

TABELA V. - Valores de índices de troca de bases e
Relações características

Nome da fonte	Local	l.e.b.	rtg/rCa
Fonte NATAL	Americana	- 0,64	
Fonte JUVENTUDE	Águas de São Pedro	- 0,24	1,58
Fonte ALMEIDA SALLES	Águas de São Pedro	- 0,28	1,36
Fonte GIOCONDA	Águas de São Pedro	- 0,53	1,12
Fonte SANTA BARBARA	Santa Barbara do Rio Pardo	- 0,31	0,16
Fonte IBIRÁ ou SANTA FÉ	Termas de Ibitá	- 29,59	3,06
Fonte CARLOS COMES	Termas de Ibitá	- 9,31	
Fonte NOVA	Termas de Ibitá	- 6,51	4,93
Fonte QUILOMBO	Quilombo	- 10,35	0,23