

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**HIDROGEOQUÍMICA DO BÁRIO EM POÇOS DE  
ABASTECIMENTO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
MONITORADOS PELA CETESB**

Bruna Fiume

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Antonio Bertolo

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(TF-2010/07)

SÃO PAULO  
2010

TF  
F565  
B.h

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC



30900028391

**HIDROGEOQUÍMICA DO BÁRIO EM POÇOS DE  
ABASTECIMENTO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
MONITORADOS PELA CETESB**

Bruna Fiume



Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Antonio Bertolo

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(TF-2010/07)

SÃO PAULO  
2010

TF  
F 565  
B. h

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Fiume, Bruna

Hidrogeoquímica do bário em poços de abastecimento do Estado de São Paulo monitorados pela CETESB / Bruna Fiume – São Paulo, 2010.

44 p. + anexos.

=

Monografia de trabalho de Formatura: IGC/USP –

Orient. : Reginaldo Antonio Bertolo

1. Bário 2. Hidrogeoquímica 3. Formação Marília 4. Aquífero Bauru.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Augusto A. Berto pela confiança e encorajamento em meu trabalho e por sua dedicação e paciência como professor e também por ter sido um excelente amigo.

A FAPESP que concedeu a este trabalho uma bolsa de pesquisa Científica (processo FAPESP Nº 2004/0209-2), tornando os recursos necessários para a realização da pesquisa em campo.

A CNPq que forneceu os recursos para a obtenção dos resultados laboratoriais a partir do processo 377841/2005-1, no qual este trabalho está inscrito, para se obter um trabalho científico.

As instituições de Docência da Universidade de São Paulo pelo seu grau acadêmico, laboratório e recursos humanos, e também pela possibilidade de realização deste curso de Pós-graduação, especialmente devido à ampla experiência de contato com a natureza e de convivência com os alunos que nos é concedida.

Aos Profs. Drs. Carlos Augusto e Valdeci de Azeite, pelos seus bons conselhos em trabalhos acadêmicos e por sempre terem me prestado assistência quando fora necessário.

A todos os funcionários e integrantes do Laboratório de Análises e Medicinas Veterinárias (LAVM) do Instituto de Zootecnia da USP, que sempre sempre estiveram presentes e disponíveis a ajuda. Especialmente, agradeço à Anissa Tereza Tavares, que está iniciando sua fase de doutoramento sobre o tema e que me acompanhava em algumas reuniões durante a realização deste mestrado, através da qual se estabeleceu o trabalho científico fornecendo apoio técnico, logístico e administrativo.

Aos colaboradores de todos os laboratórios, especialmente os do Laboratório de Análises e Medicinas Veterinárias (LAVM) do Instituto de Zootecnia da USP, que sempre estiveram presentes e disponíveis a ajuda.

A minha família por acompanhar e apoiar este trabalho, especialmente a minha mãe, que sempre esteve presente, incentivando-me a seguir em frente.

*Dedico este trabalho aos meus pais, aqueles que mais sentirão o orgulho e a alegria que este momento proporciona. É certo que valeu a pena cada esforço e cada palavra dita em todos esses longos anos. Mesmo estando em outro plano astral, sei que minha mãe também acompanha este momento e que ela estará para sempre dentro de mim, no meu coração. Portanto, esta dedicatória é especialmente para a memória de minha mãe.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador Prof. Dr. Reginaldo A. Bertolo pela confiança e credibilidade em meu trabalho e por sua dedicação e paciência como professor e durante todo o tempo que trabalhamos juntos.

À FAPESP que concedeu a esse trabalho uma bolsa de Iniciação Científica (processo FAPESP N° 2009/07268-3), fornecendo os recursos necessários para a realização de pesquisas de campo.

À CNPq que forneceu os recursos para a obtenção dos resultados laboratoriais a partir do processo 577561/2008-1, no qual este trabalho está inserido, pois se situa em contexto semelhante.

Ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo pelo seu grupo acadêmico, funcionários e recursos disponíveis, e também pela possibilidade de realização deste curso de Geologia, engrandecedor devido à ampla experiência de contato com a natureza e de convivência com os colegas que nos é concedido.

Aos Profs. Drs. Daniel Atencio e Valdecir de Assis Janasi por terem me orientado em trabalhos anteriores e por sempre terem me prestado assistência quando fora necessário.

A todos os companheiros e integrantes do Laboratório de Análises e Modelos Matemáticos (LAMO) do Instituto de Geociências da USP, que também sempre estiveram presentes e dispostos a ajudar. Especialmente, agradeço à amiga Tatiana Tavares, que em breve concluirá sua tese de doutoramento sobre o bário e que me acompanhou em diversos momentos durante a realização desta monografia, inclusive naqueles de dedicação e trabalho intenso, fornecendo apoio, incentivo, alegria e descontração.

Aos companheiros de turma pela possibilidade de crescer em grupo e aos amigos por acompanharem os momentos difíceis, assim como os momentos mais felizes. Especialmente, à amiga Nívea M. Magalhães que compartilhou de maneira mais intensa todos esses momentos.

À minha família por sempre ter estado ao meu lado, torcendo e confiando, apoiando em todas as minhas decisões, prestando toda assistência necessária e fornecendo recursos, suporte e amor, resultando na base para as minhas conquistas.

## RESUMO

FIUME, B. *Hidrogeoquímica do bário em poços de abastecimento do Estado de São Paulo monitorados pela CETESB*. 2010. 44 f. Monografia (Trabalho de Formatura) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

O presente trabalho foi desenvolvido baseado nos resultados obtidos pelo monitoramento da qualidade da água subterrânea, realizada pela CETESB, em poços de abastecimento público do Estado de São Paulo. Tais resultados demonstraram que alguns poços do Aquífero Bauru e do Aquífero Guarani, apresentaram concentrações anômalas de bário, que em alguns casos foram superiores ao limite de potabilidade definido pela Organização Mundial da Saúde (0,7 mg/L). Com esta motivação, este trabalho pretende investigar as causas para a ocorrência de altas concentrações de bário na água subterrânea, determinando também a hidrogeoquímica do bário nestas situações. Para isso, foram utilizados os dados disponibilizados pela CETESB, correspondentes à série histórica de monitoramento dos poços de abastecimento do Estado de São Paulo, iniciada em 1992. Os resultados analíticos das campanhas de amostragem de águas subterrâneas efetuadas neste trabalho foram incorporados ao banco de dados. As atividades realizadas consistiram nos processos de (1) consulta e síntese do banco de dados, a fim de torná-lo conciso e representativo, e (2) tratamento dos dados através do *software Aquachem 5.1*, utilizado como ferramenta para a realização de avaliações hidrogeoquímicas e estatísticas. Na caracterização hidrogeoquímica do bário, foram analisados tanto os parâmetros químicos e físico-químicos, quanto os aspectos produtivos e construtivos dos poços. Os resultados demonstraram que as principais ocorrências de bário se concentram no Aquífero Bauru, devido a duas origens distintas. Uma delas ocorre por fatores naturais, associados aos carbonatos da Formação Marília, onde estão situados os poços de Gália e Pompéia, que constantemente apresentaram concentrações de bário acima do limite de potabilidade (0,7 mg/l). Outro fator determinante é a presença de contaminação antrópica em porções rasas do aquífero, que tem causado o aumento das concentrações de bário no poço de Muritinga do Sul, situado nas formações Adamantina e Santo Anastácio do Grupo Bauru.

**Palavras-chave:** Bário; Hidrogeoquímica; Formação Marília; Aquífero Bauru.

## ABSTRACT

FIUME, B. Hidrogeoquímica do bário em poços de abastecimento do Estado de São Paulo monitorados pela CETESB. 2010. 44 f. Monografia (Trabalho de Formatura) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

This work was based on results of the groundwater quality monitoring that was accomplished by CETESB in public supply wells in São Paulo State. The results showed that some wells of Bauru Aquifer and Guarani Aquifer showed barium anomalous concentration, which was upper than the potability maximum value defined by the Heath World Organization (0,7 mg/l). The objective of this work was to study the high concentrations of barium in groundwater and evaluate the hydrogeochemistry behavior. To achieve it, was used data from supply wells monitored by CETESB since 1992. Additionally two groundwater sampling campaign was performed and the results were incorporated to this work. The activities were: (1) data consultation and synthesis to turn it concise and representative and (2) data treatment in the Aquachem 5.1 software used to accomplish the hidrogeochemistry and statistic evaluation. The chemical, physiochemical and hydraulic parameters of the monitored wells were used for the barium hidrogeochemistry characterization. The results showed that the anomalous concentrations is mainly in the Bauru Aquifer and has two main factors: (1) natural origin associated with the Marília Formation carbonates, (2) anthropic contamination in the shallow aquifer observed in the Muritinga do Sul wells, located in Adamantina and Santo Anastácio Formation.

**Keywords:** Barium; Hydrogeochemistry; Marília Formation; Bauru Aquifer.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização dos poços amostrados na região de Marília, oeste do Estado de São Paulo. ....	10
Figura 2 – Diagrama Eh-pH de parte do sistema Ba-S-O-H-C (BROOKINS, 1988). ....	11
Figura 3 – Mapa geológico das entidades tectono-estratigráficas do Estado de São Paulo (CPRM, 2006). ....	17
Figura 4 – Modelo hidrogeológico conceitual do Aquífero Bauru (IRITANI & EZAKI, 2008). ....	19
Figura 5 – Gráficos piper das águas subterrâneas dos Aquíferos Serra Geral, Guarani, Tubarão, Cristalino e Bauru, subdividido em K2sa (Fm. Sto. Anastácio), K2vp (Fm. Adamantina), K2ma (Fm. Marília). ....	26
Figura 6 – Distribuição dos componentes maiores das águas subterrâneas dos Aquíferos Taubaté e São Paulo. ....	26
Figura 7 – Possíveis curvas de dados hidrogeoquímicos gerados por diferentes processos geoquímicos (SHAND & EDMUNDS, 2008). ....	27
Figura 8 – Curvas de frequência cumulada para as concentrações de bário por aquífero. ...	28
Figura 9 – Gráficos <i>box and whisker</i> das concentrações de bário para cada aquíferos (K2sa: Fm. Sto. Anastácio; K2vp: Fm. Adamantina; K2ma: Fm. Marília). ....	29
Figura 10 – Mapa da distribuição das concentrações de bário nos poços monitorados pela CETESB. ....	29
Figura 11 – Variação do bário ao longo do tempo em poços do Estado de São Paulo. ....	30
Figura 12 – Correlações entre bário e alcalinidade total, pH e potássio nos poços das Formações Marília e Adamantina associadas. ....	32
Figura 13 – Correlações entre bário e alcalinidade total e cálcio para as amostras do poço de Gália. ....	32
Figura 14 – Correlações entre bário e potássio, nitrato e cloreto nos poços das Formações Adamantina e Santo Anastácio associadas. ....	32
Figura 15 – Correlações entre bário e potássio em poços, exclusivamente, da Fm. Adamantina e poços, exclusivamente, da Fm. Santo Anastácio. ....	33
Figura 16 – Correlações entre bário e nitrato, cloreto, potássio, cálcio, magnésio e sódio para amostras do poço de Muritinga do Sul. ....	34
Figura 17 – Correlação entre bário e alcalinidade total no poço de Muritinga do Sul. ....	34
Figura 18 – Correlações entre bário e aspectos produtivos, nos poços das Formações Marília e Adamantina associadas. ....	36
Figura 19 – Distância do ND com relação à base do aquífero. ....	36
Figura 20 – Localização das amostras (CT-41 Gália, CT-85 Oriente, CT-90 Parapuã, CT-107 Quatá, CT-108 Rancharia, CT-146 Tupã, CT-203 Pompéia, CT-211 Pompéia). ....	37
Figura 21 – Perfil construtivo do poço de Gália, junto com o perfil estratigráfico das formações envolvidas. ....	38

Figura 22 – Correlação entre bário e tempo de bombeamento para as amostras obtidas através do bombeamento de 24 horas no poço de Gália. ....	40
Figura 23 – Correlações do bário com magnésio, alcalinidade total, sulfato, pH, cálcio e sódio obtidas através do bombeamento de 24 horas no poço de Gália. ....	40
Figura 24 – Correlações entre o tempo de bombeamento e os índices de saturação dos minerais: calcita, witherita e barita. ....	41

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Usos dos principais compostos de bário. ....	14
Tabela 2 – Cronograma das atividades a serem desenvolvidas. ....	20
Tabela 3 – Índices de saturação dos minerais de bário, witherita e barita, e da calcita.....	35

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1 - Amostras representativas dos poços selecionados e seus principais parâmetros químicos. ....	45
Anexo 2 - Amostras representativas dos poços selecionados e seus principais parâmetros construtivos e produtivos. ....	50
Anexo 3 – Análises da série histórica de monitoramento da CETESB para o poço de Gália. ....	55
Anexo 4 – Análises da série histórica de monitoramento da CETESB para o poço de Muritinga do Sul.....	56
Anexo 5 – Análises referentes ao ensaio de bombeamento de 24 horas no poço de Gália.	57
Anexo 6 – Análises da campanha de amostragem realizada em acompanhamento da CETESB na região de Marília (SP) – Resultados CETESB e CEPAS-IGc.....	58

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b>	<b>3</b>
<b>RESUMO</b>	<b>4</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>6</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE ANEXOS</b>	<b>7</b>
<b>SUMÁRIO</b>	<b>8</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>10</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>10</b>
<b>3.1. GEOQUÍMICA DO BÁRIO</b>	<b>10</b>
3.1.1. Ocorrência Natural de Bário em Rochas e Solos	12
3.1.2. Ocorrência Natural de Bário na Água	13
3.1.3. Fontes de Bário	13
3.1.4. Efeitos Nocivos do Bário	14
<b>3.2. ESTUDOS DE OCORRÊNCIAS DE BÁRIO EM AQUÍFEROS</b>	<b>14</b>
<b>3.3. ÁREA DE ESTUDO: ASPECTOS DO MEIO FÍSICO</b>	<b>16</b>
3.3.1. Geologia	17
3.3.2. Hidrogeologia	18
3.3.3. Hidrogeoquímica	19
<b>4. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO</b>	<b>20</b>
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>20</b>
<b>5.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>20</b>
<b>5.2. CONSULTA E TRATAMENTO DOS DADOS DISPONÍVEIS – CETESB</b>	<b>21</b>
5.2.1. Síntese do Banco de Dados	21
5.2.2. Análises Estatística e Hidrogeoquímica	23
<b>5.3. AMOSTRAGEM DE ÁGUA SUBTERRÂNEA DE POÇOS DE ABASTECIMENTO</b>	<b>24</b>
5.3.1. Acompanhamento da amostragem de poços monitorados pela CETESB	24
5.3.2. Bombeamento de 24 horas com coleta de amostras no poço de Gália	24
<b>6. CONSULTA E TRATAMENTO DO BANCO DE DADOS</b>	<b>25</b>
<b>6.1. DISTRIBUIÇÃO DO BÁRIO POR AQUÍFEROS DO ESTADO DE SÃO PAULO</b>	<b>27</b>
<b>6.2. VARIAÇÃO TEMPORAL DO BÁRIO</b>	<b>30</b>
<b>6.3. CORRELAÇÃO DO BÁRIO COM PARÂMETROS QUÍMICOS</b>	<b>31</b>
<b>6.4. CORRELAÇÃO DO BÁRIO COM ASPECTOS CONSTRUTIVOS E PRODUTIVOS DOS POÇOS</b>	<b>35</b>
<b>7. AMOSTRAGEM DE ÁGUA SUBTERRÂNEA EM POÇOS DE ABASTECIMENTO MONITORADOS PELA CETESB</b>	<b>37</b>
<b>7.1. ACOMPANHAMENTO DA AMOSTRAGEM DE POÇOS MONITORADOS PELA CETESB</b>	<b>37</b>
<b>7.2. BOMBEAMENTO DE 24 HORAS COM COLETA DE AMOSTRAS NO POÇO DE GÁLIA</b>	<b>38</b>
<b>8. CONCLUSÃO</b>	<b>41</b>
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>42</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Estudos relacionados com a qualidade da água subterrânea devem ser cada vez mais incentivados, tendo em vista a importância da água para o abastecimento público, principalmente nas regiões metropolitanas. No Estado de São Paulo, 71,6% dos municípios são abastecidos total ou parcialmente com águas subterrâneas, e cerca de 5.500.000 pessoas são abastecidas diariamente por águas subterrâneas (SILVA *et al.*, 2008).

A CETESB, que realiza o monitoramento da qualidade da água subterrânea no Estado de São Paulo através de uma rede de poços de abastecimento, identificou uma elevação média nas concentrações do bário em poços profundos do Sistema Aquífero Bauru (CETESB, 2007). Também foram observadas concentrações anômalas de bário, que chegam a exceder o limite de potabilidade (0,7 mg/l), nos Aquíferos Marília e Adamantina do mesmo Sistema Aquífero, e em poços situados na porção livre do Aquífero Botucatu do Sistema Aquífero Guarani (CETESB, 2004 e 2007).

Considerando a importância econômica e social da utilização da água, é necessário o estudo detalhado da hidrogeoquímica da água subterrânea dos aquíferos do Estado de São Paulo, voltado para a presença do bário, a fim de determinar a evolução das áreas indicadas com maiores índices de concentração desse elemento.

Nesse sentido, o presente trabalho possui semelhante finalidade, estando inserido no contexto de um projeto de auxílio à pesquisa financiado pelo CNPq (processo 577561/2008-1) e que visa (1) identificar o padrão do comportamento das concentrações de bário nas águas subterrâneas rasas e profundas de diferentes aquíferos; e (2) identificar se a origem do bário na água tem origem natural ou humana.

Para isso, foi utilizado o banco de dados fornecido pela CETESB, correspondente à série histórica de monitoramento de poços de abastecimento do Estado de São Paulo. Também foram efetuadas duas etapas de amostragem de água subterrânea, a fim de realizar a investigação direta de áreas contaminadas e a obtenção de resultados analíticos recentes. A primeira campanha ocorreu em poços selecionados na região de Marília (figura 1), no oeste do Estado, e a segunda foi feita somente no poço do município de Gália, concomitantemente ao bombeamento de 24 horas do poço.

Na realização deste trabalho, foi necessário que, inicialmente, o banco de dados fosse consolidado através da seleção de poços, parâmetros e amostras relevantes em relação ao bário. Com as amostras representativas selecionadas, foi utilizado o software *Aquachem 5.1* no tratamento dos dados e obtenção dos resultados. A análise e interpretação dos dados foram feitas através de gráficos de correlações do bário com outros elementos, e com os aspectos construtivos dos poços.

Além disso, foram feitas a representação da distribuição das concentrações de bário por aquífero – através de gráficos “*box and whisker*” e gráficos de frequência cumulada – e a investigação da variação das concentrações de bário em relação ao tempo, em poços

selecionados. E ainda, na busca de possíveis minerais-fontes de bário, foi feita modelagem matemática para a obtenção dos índices de saturação de minerais carbonáticos, através do *Phreeqc*.

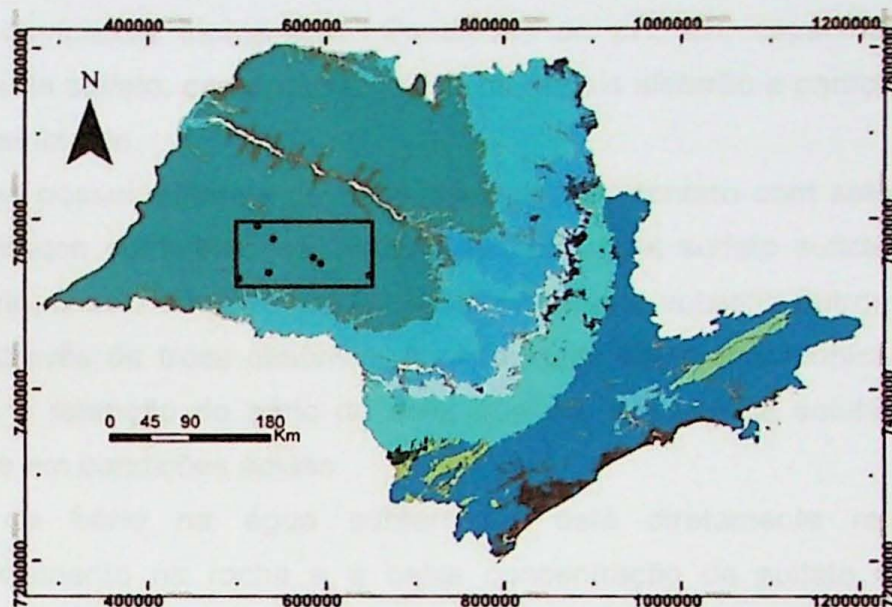


Figura 1 – Localização dos poços amostrados na região de Marília, oeste do Estado de São Paulo.

## 2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é caracterizar como se deu a evolução geoquímica do bário na água subterrânea de aquíferos do Estado de São Paulo, a partir do tratamento de dados da rede de poços monitorados pela CETESB, com a finalidade de selecionar áreas (onde o bário ocorre com concentrações anômalas) para a execução de atividades de investigação direta e para melhor compreender a ocorrência do bário em ambientes hidrogeológicos distintos no Estado.

Em uma segunda etapa, o projeto tem por objetivo caracterizar a hidrogeoquímica da água de alguns poços de abastecimento monitorados pela CETESB que contenham concentrações anômalas de bário.

Como resultado prático, espera-se que sejam obtidas recomendações efetivas, por exemplo, a de se evitar a construção de novos poços em determinados locais ou de se construir novos poços utilizando-se de técnicas específicas que evitem o bombeamento da água com bário.

## 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1. GEOQUÍMICA DO BÁRIO

O bário é um elemento alcalino-terroso que ocorre na natureza no estado de oxidação +2 (MINEROPAR, 2001), quimicamente similar ao cálcio e magnésio, porém muito mais reativo. Existem sete isótopos estáveis de bário, dos quais, o mais abundante de ocorrência natural, é o  $^{138}\text{Ba}$  (REIMANN & CARITAT, 1998). Os principais minerais de bário são a barita ( $\text{BaSO}_4$  – sulfato de bário) e a witherita ( $\text{BaCO}_3$  – carbonato de bário). As principais fontes naturais são intemperismo e erosão de depósitos naturais, normalmente

veios onde ocorre na forma de barita ( $\text{BaSO}_4$ ) ou feldspatos ricos em Ba (REIMANN & CARITAT, 1998).

Em condições naturais o bário é estável no estado bivalente e é encontrado principalmente em complexos inorgânicos. Condições de pH, Eh, capacidade de troca catiônica e presença de sulfato, carbonato e óxidos de metais afetarão a partição do bário e seus compostos no ambiente.

Uma rocha que possui minerais de bário solúveis, em contato com solução rica em sulfato, gera precipitados de sulfato de bário. Caso não haja sulfato suficiente para se combinar com o bário, o solo torna-se saturado em bário, que substitui outros cátions nas partículas do solo através de troca catiônica. A capacidade de troca catiônica do material adsorvente controla a retenção do bário do solo, que por sua vez se solubiliza na água subterrânea somente em condições ácidas.

A presença de bário na água subterrânea está diretamente relacionada à disponibilidade do elemento na rocha e a baixa concentração de sulfato na água. A solubilidade da barita aumenta consideravelmente na presença de cloreto e outros ânions como nitrato e carbonato e em pH menores ou iguais a 9,3.

O diagrama Eh-pH é muito similar ao do Ra no sistema Ba-O-H-C-S (Figura 2). Em soluções com pH abaixo de 1,2, o  $\text{BaSO}_4$  dissolve para formar  $\text{Ba}^{2+}$  e em pH's próximos de 11,6, o  $\text{BaSO}_4$  é substituído por  $\text{BaCO}_3$  (BROOKINS, 1988).

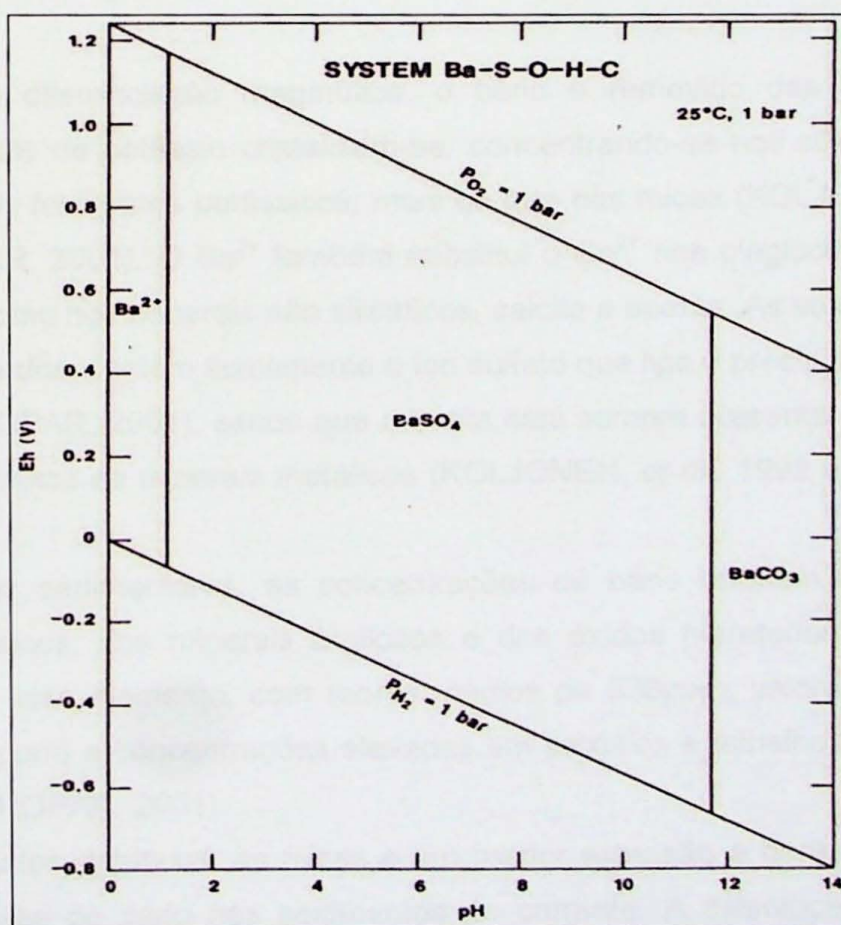


Figura 2 – Diagrama Eh-pH de parte do sistema Ba-S-O-H-C (BROOKINS, 1988).

O bário é fortemente adsorvido por minerais de argilas (LAGAS *et al.* 1984) e reage com óxidos e hidróxidos de metais nos solos (HEM, 1985). O raio iônico do bário e sua valência ( $Ba^{2+}$ ) permitem substituições isomórficas com estrôncio e potássio, mas não com íons menores como sódio, ferro, manganês, alumínio e silício.

SILVA *et al.* (2008) avaliaram o ajuste dos modelos de adsorção aos resultados de adsorção de Cd e Ba em dois tipos de solos do Estado de São Paulo, Latossolo Vermelho Distrófico (LVd) e um Neossolo Quartzarênico (RQ) coletados sob mata na região de Piracicaba. O maior teor de argila e de carbono orgânico conferiram ao LVd, maior capacidade de adsorção para o Cd e para o Ba. Os dois modelos se ajustaram bem aos dados experimentais, porém a isoterma de Langmuir tem a vantagem de estimar a adsorção máxima. De acordo com este parâmetro, o Cd possui menor afinidade que o Ba, sendo por isso, potencialmente, mais móvel no solo.

### **3.1.1. Ocorrência Natural de Bário em Rochas e Solos**

A abundância média de bário na crosta terrestre é de 500ppm (300ppm nos gabros e 600ppm nos granitos), segundo KOLJONEN, *et al.* (1992).

O bário possui associação natural com rochas granitóides ricas em potássio, rubídio e bário, rochas sulfetadas e carbonatitos ricos em bário, chumbo e zinco (REIMANN & CARITAT, 1998). Dentre os diferentes tipos de rocha que apresentam o bário, segundo REIMANN & CARITAT (1998), a máxima concentração (600mg/kg) se dá nos granitos e granodioritos.

Durante a diferenciação magmática, o bário é removido das fusões silicatadas quando os minerais de potássio cristalizam-se, concentrando-se nos silicatos de potássio, especialmente nos feldspatos potássicos, mais do que nas micas (KOLJONEN, *et al.*, 1992 *apud* MINEROPAR, 2001). O  $Ba^{2+}$  também substitui o  $Ca^{2+}$  nos plagioclásios, piroxênios e anfibólios, bem como nos minerais não silicáticos, calcita e apatita. As soluções hidrotermais e diferenciadas tardias contêm tipicamente o íon sulfato que liga e precipita o bário em barita ( $BaSO_4$ ) (MINEROPAR, 2001), sendo que a barita está sempre presente em mineralizações sulfetadas e depósitos de minerais metálicos (KOLJONEN, *et al.*, 1992 *apud* MINEROPAR, 2001).

Em rochas sedimentares, as concentrações de bário refletem a abundância dos feldspatos potássicos, dos minerais argilosos e dos óxidos hidratados de Fe e Mn que podem adsorver esse elemento, com teores médios de 538ppm, valores mais baixos nas carbonáticas (90ppm) e concentrações elevadas em arcósios e folhelhos (>600ppm) (BGS, 1991 *apud* MINEROPAR, 2001).

Os feldspatos detríticos, as micas e em menor extensão a barita, são os principais minerais portadores de bário nos sedimentos de corrente. A dissolução de bário nesses minerais é baixa, embora a biotita mostre liberação rápida sob condições de baixos Eh e pH.

Durante o intemperismo, o bário é adsorvido pelas soluções coloidais e depositado em sedimentos e em minerais argilosos. Sob condições normais, ele pode formar compostos solúveis e insolúveis (MINEROPAR, 2001).

As concentrações de bário em solo natural está na faixa de 100 a 3000 mg/kg, sendo a média de 500 mg/kg. A concentração basal em sedimento é geralmente menor que 100 mg/kg de peso seco.

No Estado de São Paulo, a CETESB realizou amostragens de solo em 84 pontos a fim de estabelecer os valores orientadores. Dentre as amostras coletadas, apenas 14 estavam abaixo do limite de detecção (5mg/kg), sendo a concentração máxima encontrada igual a 223mg/kg, a mediana igual a 39mg/kg e o quartil superior (75%) igual a 75mg/kg (CETESB, 2001).

### **3.1.2. Ocorrência Natural de Bário na Água**

A dispersão de Ba nas águas superficiais é controlada pela presença dos óxidos hidratados de Fe e Mn que adsorvem o  $Ba^{2+}$ . Em ambientes menos ácidos, o Ba também pode ser removido das soluções por sorção de argilo-minerais e matéria orgânica (BGS, 1991).

O bário pode ocorrer naturalmente na água, na forma de carbonatos em algumas fontes minerais. A presença deste elemento nos aquíferos é resultado da lixiviação e dissolução dos minerais das rochas que armazenam a água subterrânea.

Geralmente, as concentrações do bário em águas naturais são baixas, com teores variando entre 0,0007 a 0,9mg/L, principalmente porque sua dissolução é limitada pela solubilidade dos produtos da dissolução da barita ( $BaSO_4$ ) e da witherita ( $BaCO_3$ ). Na água, os sais solúveis de bário mais tóxicos são convertidos em sais insolúveis, precipitando.

### **3.1.3. Fontes de Bário**

Como o bário é rapidamente oxidado, é difícil de obtê-lo em sua forma pura. A barita, forma natural mais comum, não pode ser usada diretamente para o preparo de compostos de bário por ser insolúvel. O seu beneficiamento se dá pelo aquecimento com carbono, reduzindo-a para sulfeto de bário ( $BaSO_4 + 2 C \rightarrow BaS + 2 CO_2$ ), composto que, através da hidrólise e reações com ácidos, forma compostos de bário utilizados na indústria, tais como nitrato, cloreto e carbonato.

A indústria é a principal fonte antropogênica de bário. As emissões são resultantes dos processos de mineração (extração da barita e bauxita), refino e tratamento de minérios de bário, além dos processos de fabricação dos diferentes compostos. Ocorre ainda emissão de bário na atmosfera através da queima de carvão, combustíveis fósseis e resíduos sólidos. O bário também pode estar presente nos efluentes líquidos dos processos metalúrgicos e industriais.

O sulfato de bário é usado em tintas, contrastes para diagnósticos em raios-X e vidraria (WINTER, 1998 *apud* MINEROPAR, 2001). A barita, ocorrência natural do sulfato de

bário, é a fonte mais importante de obtenção de bário metálico e é o principal insumo na indústria mundial de petróleo e gás natural, sendo empregada como agente selador na lama de perfuração, devido a sua característica não magnética, de alta densidade e baixa abrasividade. Ainda possui aplicações relevantes nas indústrias siderúrgica, química, de papel, de borracha, de plásticos e defensivos agrícolas. A tabela 1 lista outras fontes artificiais e usos dos compostos de bário.

Tabela 1 – Usos dos principais compostos de bário.

Cloreto de bário	Carbonato de bário	Óxido de bário	Nitrato de bário	Bário metálico
Fabricação pigmentos	Fabricação de vidro (aumenta o índice de refração)	Lâmpadas fluorescentes (facilita liberação de elétrons)	Fogos de artifício (cor verde)	Tubos de vácuo (capta oxigênio)
Fabricação de aço	Veneno de roedores (se dissolve no estômago)			
Usos em laboratório				

### **3.1.4. Efeitos Nocivos do Bário**

Qualquer composto de bário que seja solúvel em água ou ácido é tóxico. Em baixa dosagem o bário atua como estimulante muscular, em altas dosagens afeta o sistema nervoso, causando irregularidades cardíacas, tremores, fraquezas e ansiedade. Provavelmente bloqueia os canais de íons de potássio essenciais para o sistema nervoso, sendo também forte antagonista do cálcio no organismo. Quando em excesso no organismo, por ser vasoconstritor, pode causar hipertensão arterial, fadiga e doenças cardiovasculares, grande causa de derrames e acidentes vasculares. Deposita-se nos ossos, olhos e pulmões, causando forte vasoconstrição. Já o sulfato de bário pode ser ingerido, pois é insolúvel em água e eliminado pelo sistema digestivo.

O bário não é biocumulativo como outros metais pesados, sendo que a dose fatal para o homem é considerada de 550 a 600mg, podendo ser acumulado nos pulmões ao ser inalado através de poeira. A ingestão de altos níveis de Ba pode causar problemas no aumento da pressão sanguínea, dificuldades respiratórias, mudanças no ritmo cardíaco, irritações no estômago, flacidez muscular e danos ao coração, fígado, rins e outros órgãos (ATSDR, 1995 *apud* MINEROPAR, 2001).

A ingestão diária de bário de uma pessoa varia entre 0,6mg e 1,7mg. A dosagem de 100 a 200mg na forma de carbonato de bário é tóxica e a de 418mg/kg em ratos é considerada como letal (WINTER, 1998 *apud* MINEROPAR, 2001).

### **3.2. ESTUDOS DE OCORRÊNCIAS DE BÁRIO EM AQUÍFEROS**

A ocorrência de concentrações do elemento bário acima do limite de potabilidade estabelecido pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 1996) em aquíferos naturais tem sido relatada em diferentes regiões do mundo, desde, pelo menos, o final da década de 70. Nesses casos mundiais estudados, foi considerada uma causa natural para essa elevação

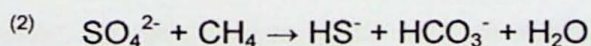
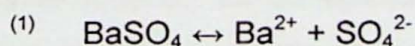
da concentração de bário, sempre associada a fenômenos geoquímicos e às características litológicas dos aquíferos em questão.

Um dos maiores registros históricos de concentrações anômalas de bário em águas subterrâneas naturais foi relatado em 1982, no reservatório de Cattaraugus Indian, no sudoeste de Nova York, chegando a 23 mg/l (MOORE & STAUBITZ, 1984). Illinois, nos Estados Unidos, também apresenta outro registro histórico da ocorrência de bário em águas subterrâneas, alcançando concentração máxima de 18mg/l GILKERSON *et al.*, 1978).

A investigação pioneira da ocorrência de bário, em Illinois, indicou o controle do íon sulfato nas altas concentrações de bário, segundo a reação de equilíbrio de solubilidade do mineral barita ( $\text{BaSO}_4$ ). GILKERSON *et al.* (1978) determinaram através de estudos isótopos de  $^{18}\text{O}$ , a importância da recarga glacial nas características hidrogeoquímicas do aquífero, sendo responsável pela precipitação secundária da barita, cuja dissolução resultou na fonte primária do íon sulfato. Esses autores assumem que a constante redução do sulfato pela ação de bactérias teria esgotado a barita secundária, resultando também, no fim da redução do sulfato, o que pode ser evidenciado pela presença de metano em alguns estratos do aquífero.

Como última consequência, a witherita que não se dissolvia, mesmo possuindo menor produto de solubilidade que a barita, devido aos íons bicarbonatos que eram adicionados às águas através da redução do sulfato, passa a ser nova fonte de bário para as águas do aquífero.

Para o caso do reservatório de Cattaraugus Indian, em Nova York, MOORE & STAUBITZ (1984) detalharam a geoquímica do íon sulfato e, assim como sugerido por GILKERSON *et al.* (1978), consideraram a redução do sulfato pela ação de bactérias anaeróbicas, que resulta na remoção do sulfato e no deslocamento da reação (1) a favor da dissolução da barita, gerando o aumento da concentração de bário nas águas. Nas amostras estudadas por esses autores, foi constatada a presença de odor relacionada ao gás sulfídrico, resultante da redução do sulfato (2).



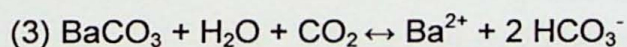
Posteriormente, outros casos semelhantes de altas concentrações de bário em águas subterrâneas foram relatados e associados à baixa concentração de sulfato e à dissolução da barita, como no sistema aquífero Cambrian-Vendian (MARANDI *et al.*, 2004 e MOKRIK *et al.*, 2009), no norte da Estônia, e no aquífero da Formação Winnipeg (UNDERWOOD *et al.*, 2009), na região sudeste da Manitoba.

Em Manitoba, a ocorrência de concentrações de bário acima de 0,7 mg/l abrange uma área na ordem de centenas de  $\text{km}^2$ . UNDERWOOD *et al.* (2009) sugerem que é possível uma outra fonte para o bário, além da dissolução da barita, que se encontra próxima à

saturação ou saturada, e do acúmulo do bário por remoção do sulfato. Eles também constatam a ausência de HS<sup>-</sup> e H<sub>2</sub>S no aquífero, colocando em discussão a redução do sulfato, mas em seguida sugerem a sorção do HS<sup>-</sup> em argilas, na presença de óxidos de ferro, levando a redução desses óxidos em pirita.

No sistema aquífero Cambrian-Vendian, onde a composição da água varia de Ca-Na-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Cl até Na-Cl, a concentração máxima obtida para o bário foi de 6.37mg/l. Marandi *et al.* (2004) consideram uma possível correlação da presença de bário com a presença de cloreto, e assumem que a fonte natural para o bário seria o embasamento cristalino, cujas concentrações de bário então entre 700 e 1000 ppm, uma vez que a zona intemperizada do embasamento é conectada hidráulicamente com o aquífero. Em estudos mais recentes, MOKRIK *et al.* (2009) obtiveram variações na concentração de bário de 2 a 9 mg/l nas águas do sistema aquífero Cambrian-Vendian. Para esses autores a lixiviação do embasamento não justifica as ocorrências de bário, pois não haveria potencial para remoção de grandes quantidades de bário, além do fato que o aquífero Eifelian-Givetian superior, na Lituana, não possui nenhum tipo de contato com o embasamento e ainda apresenta altas concentrações de bário.

MOKRIK *et al.* (2009) associaram a ocorrência de bário com as mineralizações de galena-calcita-fluorita nos depósitos da Formação Vendian, altas concentrações dos íons de cálcio, bicarbonato e cloreto e características físico-químicas do ambiente: redutor e com pH alcalino, entre 7,8 e 8,1. Segundo os estudos dos índices de saturação, os autores observaram que enquanto ocorre a dissolução da whiterita, que possui o menor produto de solubilidade, os minerais calcita, dolomita e barita precipitam. Com a precipitação de carbonatos a reação (3) se desloca no sentido de dissolução da whiterita. Portanto, neste caso, a barita não seria responsável pelo controle da liberação do bário.



No Brasil, o relato da ocorrência de bário em altas concentrações na água subterrânea é bastante recente, sendo apresentado pela CETESB em 2004 e 2007, através dos seus trabalhos de monitoramento dos poços de abastecimento no Estado de São Paulo. Portanto, os estudos da determinação da hidrogeoquímica de bário e das causas dessas anomalias são pioneiros para essa região.

### 3.3. ÁREA DE ESTUDO: ASPECTOS DO MEIO FÍSICO

Inicialmente, este trabalho não possuía área de estudo específica, uma vez que sua abordagem consistia no tratamento do banco de dados, construído pelo monitoramento de poços em todo o Estado de São Paulo. Porém, considerando a grande abrangência da Bacia Bauru no Estado e a sua correlação com a ocorrência de altas concentrações de bário na água subterrânea, essa bacia foi definida como a área de estudo desse projeto.

### 3.3.1. Geologia

No Estado de São Paulo, a Bacia Bauru situa-se na região do Planalto Ocidental e abrange cerca de 40% da área do Estado (figura 3). A Bacia Bauru ainda ocorre nos estados de Paraná, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Goiás. O desenvolvimento dessa bacia ocorreu, principalmente, sobre as rochas vulcânicas da Fm. Serra Geral, onde se acumulou uma sequência sedimentar neocretácea, essencialmente arenosa, que atualmente apresenta cerca de 300 m de espessura máxima (FERNANDES, 1998).

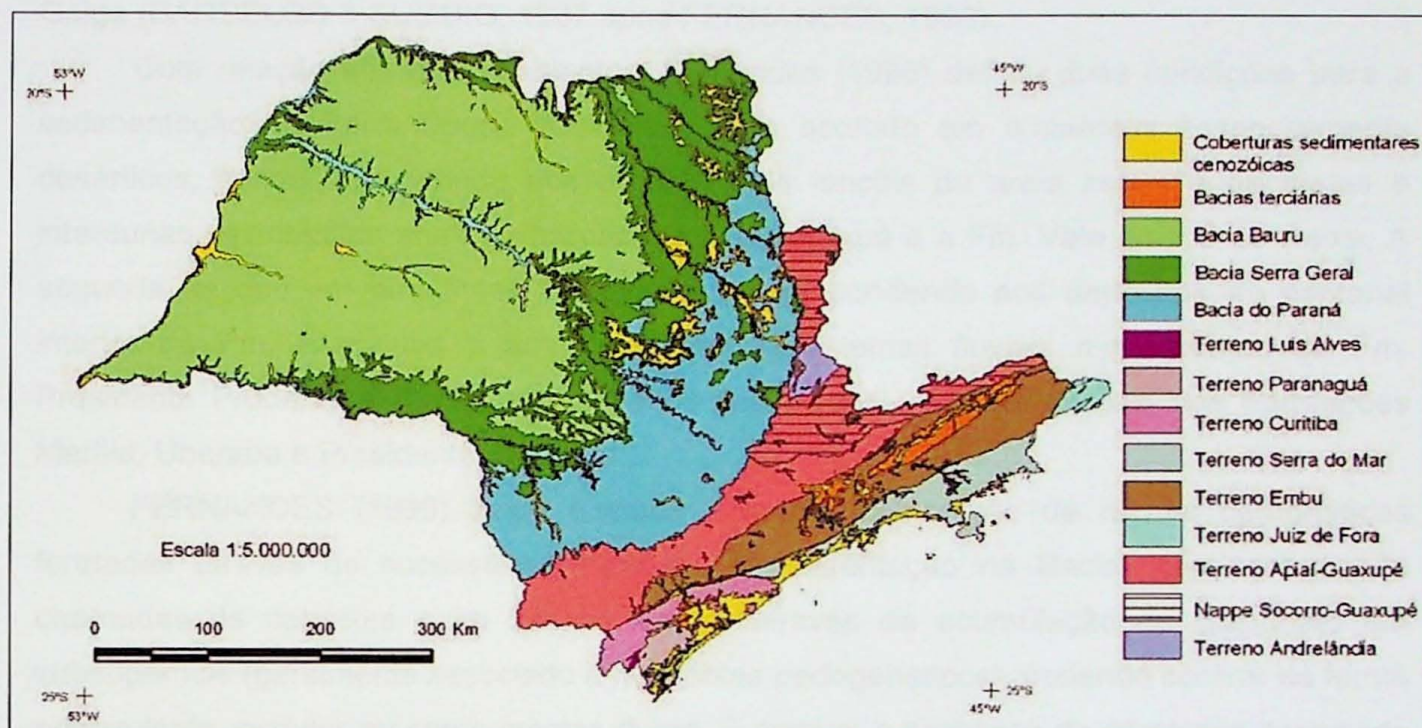


Figura 3 – Mapa geológico das entidades tectono-estratigráficas do Estado de São Paulo (CPRM, 2006).

As regiões historicamente mais estudadas da Bacia Bauru correspondem ao Triângulo Mineira, em Minas Gerais, e aos estados de São Paulo e Paraná. As principais bases da estratigrafia do Grupo Bauru foram definidas nos anos 70 até o início da década de 80.

Em São Paulo e no Paraná, a unidade Bauru foi primeiramente definida como grupo por SOARES *et al.* (1980), sendo composto pelas Formações Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília. Posteriormente, estudos de mapeamento sugeriram a subdivisão da Fm. Adamantina em cinco unidades de mapeamento (ALMEIDA, 1980 *apud* FERNANDES, 1998), e uma nova sequência estratigráfica foi proposta, a partir dos aspectos paleoambientais e paleogeográficos, na qual o Grupo Bauru foi dividido em seis Formações: Caiuá, Santo Anastácio, Araçatuba, São José do Rio Preto, Uberaba e Marília (SUGUIO, 1981 *apud* FERNANDES, 1998).

FERNANDES (1992) propôs a subdivisão da Formação Caiuá nas unidades Rio Paraná e Goio Êre, o que resultaria na elevação da Fm. Caiuá à categoria de grupo. Através deste trabalho, o Gr. Bauru passaria a ser composto pelas Formações Adamantina, Uberaba e Marília, e pelas rochas analcimíticas. Com a divisão oficial da Bacia Bauru em dois grupos

correlatos, Caiuá e Bauru, a Fm. Santo Anastácio foi deslocada para o Gr. Caiuá (FERNANDES & COIMBRA, 1994 *apud* FERNANDES, 1998).

Atualmente, a estratigrafia aceita para o Grupo Bauru foi definida por Fernandes (1998) e é constituída, da base para o topo, pelas Formações: Araçatuba, Vale do Rio do Peixe, São José do Rio Preto, Presidente Prudente, Uberaba e Marília, e pelos Analcimitos Taiúva. A Fm. Uberaba aflora apenas em Minas Gerais e, os estudos nessa região foram responsáveis pela subdivisão da Fm. Marília nos membros: Echaporã, Ponte Alta e Serra da Galga (BARCELOS & SUGUIO, 1987 *apud* FERNANDES, 1998).

Com relação aos paleoambientes, Fernandes (1998) definiu duas condições para a sedimentação da Bacia Bauru. A primeira teria ocorrido em ambientes essencialmente desérticos, sendo corresponde aos depósitos de lençóis de areia secos e de dunas e interdunas, distribuídos entre as formações do Gr. Caiuá e a Fm. Vale do Rio do Peixe. A segunda se deu em ambientes semi-áridos, correspondendo aos depósitos de pantanal interior da Fm. Araçatuba e aos depósitos de sistemas fluviais meandantes da Fm. Presidente Prudente e fluviais entrelaçados associados a leques aluviais das Formações Marília, Uberaba e Presidente Prudente.

FERNANDES (1998) ainda destaca a ampla distribuição de rochas carbonáticas formadas através de sucessivos processos de cimentação na Bacia. Tais rochas são chamadas de calcretes e se desenvolveram através da acumulação do carbonato em subsuperfície (geralmente associado a horizontes pedogenéticos), podendo ocorrer de forma pulverulenta, nodular ou como crostas duras. É comum a presença de esmectita associada às calcretes, assim como a paragênese palygorskita-sepiolita na Fm. Marília. Nos arenitos da Fm. Adamantina, localmente, a barita encontra-se associada ao cimento carbonático.

### **3.3.2. Hidrogeologia**

De acordo com as características da Bacia Bauru, o Aquífero Bauru é um aquífero sedimentar livre, pois não possui nenhuma unidade estratigráfica confinando suas águas e a chuva é a sua principal fonte de recarga (figura 4). O Aquífero Bauru possui extensão regional, devido a sua área de aproximadamente 96.900 km<sup>2</sup>, que recobre a metade oeste do Estado de São Paulo, ocorrendo de Barretos a Bauru e estendendo-se até o Pontal do Paranapanema. Apresenta produtividade média à alta e boa qualidade de água, o que torna este aquífero frequentemente utilizado para o abastecimento público (IRITANI & EZAKI, 2008). Sua espessura saturada é variável segundo o controle morfológico da superfície do aquífero e do substrato basáltico, chegando a 200m na região de Marília (CAMPOS, 1987).

Segundo IRITANI & EZAKI (2008), existe uma diferença na produtividade dos poços que se situam na porção superior do aquífero, correspondendo às porções norte, leste e sudeste da abrangência do Aquífero Bauru, com relação aos poços que ocupam a porção inferior do aquífero, na região oeste de sua abrangência. Nas proximidades do topo do aquífero, os arenitos são frequentemente intercalados com lamitos e siltitos, ou senão,

possuem cimento carbonático, resultando em valores de vazões sustentáveis entre 10 e 40m<sup>3</sup>/h, enquanto nas proximidades da base, os arenitos apresentam baixo teor de finos, possibilitando a ocorrência de valores de vazões sustentáveis em torno de 80m<sup>3</sup>/m.

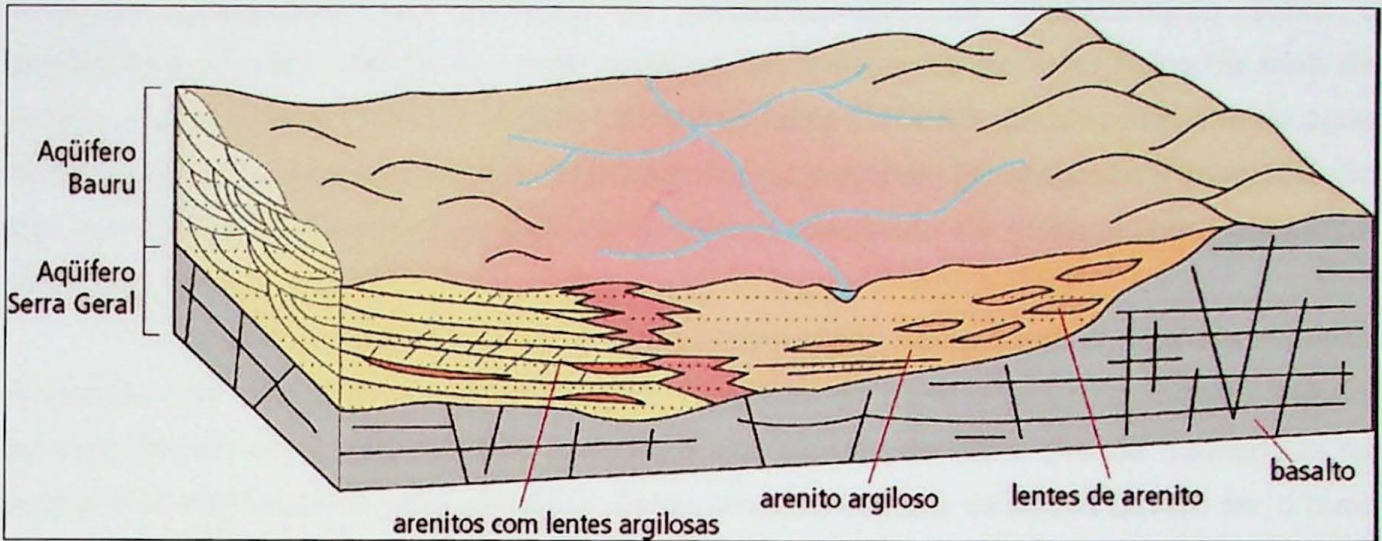


Figura 4 – Modelo hidrogeológico conceitual do Aquífero Bauru (IRITANI & EZAKI, 2008).

### **3.3.3. Hidrogeoquímica**

Quanto à caracterização hidrogeoquímica, as águas subterrâneas do Grupo Bauru foram pioneiramente divididas por ROCHA *et al.* (1982) em dois tipos químicos dominantes: águas bicarbonatadas cálcicas e águas bicarbonatadas calco-magnesianas; cuja divisão foi posteriormente revisada e confirmada por CAMPOS (1987). Segundo esses dois autores, as águas mais salinas, bicarbonatadas cálcicas, ocorrem preferencialmente nos domínios geomorfológicos dos planaltos e espigões, onde se situam os arenitos da parte superior da Aquífero Bauru e Formação Rio do Peixe (antiga Formação Adamantina). Eles ainda estão de acordo que dentro dessas mesmas formações as águas tornam-se bicarbonatadas calco-magnesianas em direção aos vales, e no extremo sudoeste, onde predomina a Formação Caiuá, as águas são bicarbonatadas sódicas, sendo sugerida a evolução hidrogeoquímica  $\text{Ca} \rightarrow \text{Mg} \rightarrow \text{Na}$ , no sentido noroeste-sudoeste (de montante para jusante dos rios principais).

CAMPOS (1987) definiu os padrões físico-químicos das águas subterrâneas do Grupo Bauru, classificando-as como águas preferencialmente alcalinas (68% das amostras), com pH variando entre 4 e 9.8, brandas com relação a dureza (75%) e fracamente salinas, onde a composição mineralógica dos sedimentos (calcitas e argilo-minerais) contribuem significativamente para a predominância dos íons  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ .

Alguns autores sugerem uma divisão do sistema Aquífero Bauru em duas unidades, Aquífero Bauru e Aquífero Caiuá, devido às características distintas das águas da Formação Caiuá, que são águas ácidas, fracamente bicarbonatadas e de concentrações salinas muito baixas, com resíduo seco à 180° em torno de 50 mg/L (CAMPOS, 1987).

#### 4. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

O desenvolvimento deste trabalho ocorreu segundo o cronograma proposto (tabela 1), composto por diferentes etapas que se complementam entre si, as quais foram: (1) pesquisa bibliográfica, que consistiu no aprofundamento no conhecimento sobre a geoquímica do bário, estudo de casos semelhantes e aspectos do meio físico da área de estudo; (2) consulta e síntese dos dados fornecidos pela CETESB; (3) amostragens de água subterrânea em poços selecionados, realizada em duas etapas; (4) obtenção e interpretação dos resultados, através do tratamento estatístico e realização de gráficos, principalmente, pelo *software Aquachem 5.1*.

A etapa de consulta e síntese dos dados demandou intenso trabalho na organização e seleção das amostras significantes para o estudo do bário e que, ao mesmo tempo, apresentassem baixo erro analítico. Tal dificuldade se deu devido à grande quantidade de dados disponibilizados e pela relevância desse processo, já que os dados devem ser o mais preciso e representativo possível, uma vez que eles são a base para a interpretação e obtenção dos resultados.

Tabela 2 – Cronograma das atividades a serem desenvolvidas.

<b>Atividades</b>	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Revisão bibliográfica									
Consulta e síntese dos dados da CETESB									
Amostragens de água subterrânea (AS)									
Análises químicas de AS									
Interpretações dos dados e resultados									
Relatórios									

#### 5. MATERIAIS E MÉTODOS

##### 5.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Foi realizado um aprofundamento no conhecimento do comportamento geoquímico do bário, com relação a sua ocorrência natural em rochas, solos e água, destacando também, os principais usos do bário na indústria e o seu efeito nocivo. Além disso, foram pesquisados casos semelhantes de anomalia de bário em diferentes aquíferos do mundo e suas respectivas causas de ocorrência (origem antrópica ou natural).

Também foram feitos estudos locais sobre a geologia, hidrogeologia e hidrogeoquímica do aquífero de São Paulo em que o bário ocorre de forma mais relevante: o Aquífero Bauru.

## 5.2. CONSULTA E TRATAMENTO DOS DADOS DISPONÍVEIS – CETESB

### 5.2.1. Síntese do Banco de Dados

Foi realizada a execução do banco de dados, a partir do qual se pretendeu obter o maior número de informações sobre as características químicas, construtivas, hidrogeológicas e geológicas dos poços monitorados pela CETESB, contaminados ou não. Este trabalho contou com a colaboração da CETESB, que disponibilizou o seu banco de dados, desenvolvido a partir de campanhas de amostragens realizadas, semestralmente, em poços de abastecimento público do Estado de São Paulo de 1990 até 2008. A maioria dos poços pertence à SABESP, mas também existem poços do SAEE e DAEE.

Inicialmente, o banco de dados era composto por 4.153 amostras, com 71 parâmetros (químicos e físico-químicos) analisados pela CETESB. As amostras estavam subdivididas num total de 223 poços de abastecimento monitorados, distribuídos em cerca de 170 cidades do Estado de São Paulo.

Para melhor visualização e manipulação dos dados, foi desenvolvido um *software*, para o sistema operacional *Linux*, que transformou a disposição inicial dos dados na planilha. Dessa forma, foi possível avaliar quais poços e parâmetros seriam pertinentes para esse estudo.

Foram excluídos os poços e os parâmetros que não possuíam nenhuma informação ou que apresentavam inconsistência e/ou insuficiência de dados. Os dados considerados inconsistentes foram aqueles que apresentavam valores idênticos para o mesmo parâmetro em todas as campanhas realizadas, o que dificilmente acontece naturalmente. Também foram desconsiderados os parâmetros sem relevância na caracterização hidrogeoquímica do bário, principalmente, os parâmetros orgânicos. No caso dos poços, alguns foram excluídos por terem sido desativados e substituídos, não apresentando informações relevantes com relação ao bário no período em que foram utilizados.

Observou-se que o bário começou a ser analisado apenas a partir de 1999, portanto, além da exclusão dos poços e parâmetros citados anteriormente, também foram desconsideradas as campanhas de amostragens da década de 90 que não possuíam valores de bário. A maioria das amostras que obtiveram teores inferiores ao limite de detecção 0,4 mg/l, utilizado durante 1999 e 2000, foram excluídas por não serem representativas, uma vez que os teores das campanhas seguintes estavam em outra ordem de grandeza. Porém, nas regiões onde o bário ocorre continuamente com concentrações acima de 0,3 mg/l foram mantidas essas amostras de 1999 e 2000, pois, nestes casos, o limite de detecção e as concentrações obtidas estão mesma ordem de grandeza.

A partir de 2001, o limite de detecção utilizado diminuiu para 0,08 mg/l até de setembro de 2002, quando os resultados demonstraram necessidade de análises com maior sensibilidade de detecção. De 2002 até 2007, o limite utilizado para o bário foi de 0,005 mg/l, passando para 0,001 mg/l a partir de 2008.

Após essa primeira seleção, o banco de dados ficou constituído por 31 parâmetros (químicos e físico-químicos) e 2345 amostras, distribuídas em 175 poços de abastecimento, em 146 municípios do Estado.

Em seguida, foram adicionadas as informações referentes à geologia, à hidrogeologia e aos aspectos construtivos e produtivos dos poços, também disponibilizadas pela CETESB. Essas informações correspondem a: cota, profundidade do poço e da bomba, topo e base do filtro, níveis estático e dinâmico, vazão, vazão específica, tempo de bombeamento, unidade estratigráfica e aquífero. Através dos dados de topo e base das formações, foram calculados a espessura do aquífero e o valor da distância entre o nível dinâmico e a base do aquífero. No total, o banco de dados compõe-se de 46 parâmetros.

Com o banco de dados consolidado as amostras passaram por mais uma etapa de seleção. Desta vez, com base na qualidade da análise química, ou seja, foram avaliados os valores de balanço iônico de cada amostra. Para isso, utilizou-se o software *AquaChem 5.1*, que calculou a eletroneutralidade.

Foram consideradas satisfatórias as amostras que apresentaram balanço iônico entre 10 e -10%. Porém, foram mantidas 28 amostras com balanço iônico entre 10 e 15% ou -10 e -15%, e 19 amostras com valores maiores que 15% ou menores que -15%. Essas amostras foram necessárias em poços em que o bário apresentava certa importância, mas que possuíam um número restrito de amostras. A maioria das amostras com erro maior que 15% se concentraram nos poços de Andradina e Ribeirão Bonito, que não possuem nenhuma amostra com erro baixo.

Como resultado final da síntese do banco de dados, foram consideradas 1569 amostras representativas, distribuídas em 163 poços.

Para algumas das interpretações efetuadas, foi necessário fazer outro banco de dados, construído a partir da seleção da amostra mais representativa de cada poço. Portanto, esse banco de dados ficou constituído de 163 amostras. Na seleção da amostra representativa, foram considerados os seguintes critérios: (1) valor de bário representativo, próximo à média das concentrações; (2) amostra mais recente, geralmente de 2008 ou 2007; (3) menor erro de balanço iônico. Desses critérios, o primeiro sempre deveria ser satisfeito, de forma que nem sempre os outros foram estritamente obedecidos.

Os poços de Ribeirão Bonito, Andradina, Inúbia Paulista, Pompéia 211, Gália, Parapuã e Muritinga do Sul, que possuem as concentrações de bário mais relevantes, não possuíam nenhuma amostra com concentração semelhante à média. Para tais poços foi considerada a amostra mais recente, porém, seu valor de bário foi alterado para igual a média das concentrações.

Após a triagem, os dados foram importados pelo software *Aquachem* de duas maneiras diferentes. Em uma delas, o objetivo era avaliar o comportamento hidrogeoquímico de cada poço e, para isso, foi importado o banco de dados com todas as

amostras. A outra maneira tinha como objetivo, avaliar o comportamento hidrogeoquímico em cada aquífero do Estado. Para tal, foi importado o banco de dados com uma amostra por poço. Portanto, estando definido o tipo da investigação dos dados, por poço ou aquífero, é possível saber qual banco de dados foi utilizado.

Os aquíferos e a quantidade de amostras consideradas em cada aquífero foram: São Paulo (2), Taubaté (4), Tubarão (15), Serra Geral (11), Guarani (38), Fraturado Pré-Cambriano, dividido em Cristalino (28) e Cristalino NP3sr (3) – o qual corresponde às rochas supracrustais do Grupo São Roque – e Bauru, subdividido conforme as formações que interceptam seus poços: Santo Anastácio (K2sa, 14), Adamantina (K2vp, 32), Marília com Adamantina (K2ma e K2vp, 6) e Adamantina com Santo Anastácio (K2vp e K2sa, 11). Essas informações foram obtidas através do banco de dados da CETESB, que ainda utiliza as unidades estratigráficas definidas por SOARES *et al.* (1980). Entretanto, a simbologia utilizada neste trabalho corresponde às mesmas utilizadas no mapa geológico do Estado de São Paulo, que utiliza a divisão estratigráfica mais atual.

### **5.2.2. Análises Estatística e Hidrogeoquímica**

Uma vez consolidado o banco de dados, iniciou-se a etapa do seu tratamento e avaliação com a finalidade de investigar as possíveis influências para a ocorrência do bário em aquíferos. Para isso, foi utilizado o *software Aquachem 5.1* na execução de quase todos os gráficos.

Como tratamento inicial, foram feitos diagramas de *piper* para cada aquífero, com a finalidade de classificá-los hidrogeoquimicamente. Em seguida, para avaliar a distribuição do bário nos aquíferos do Estado, foi feita avaliação estatística por meio de gráficos tipo “*box and whisker*”. Com essa mesma finalidade, também foram feitas curvas de frequência cumulada para cada aquífero, a partir do *software Minitab 15*. A representação em mapa da distribuição das concentrações foi feita através do programa *ArcGIS* utilizando os dados de UTM disponíveis no banco de dados da CETESB. Dos 165 poços representativos, 145 foram georreferenciados.

Também foi investigada a variação do bário ao longo do tempo em poços selecionados. Para essa análise, foram escolhidos poços que apresentaram concentrações iguais ou superiores a 0,2 mg/l, totalizando 21 poços.

Foram feitas matrizes de correlação entre o bário e cada parâmetro do banco de dados, para verificar com qual deles a presença do bário está relacionada. A partir dos valores dos coeficientes de correlação obtidos, foram efetuados gráficos “*scatter*” para representar tais correlações. Neste trabalho estão demonstradas apenas as correlações satisfatórias.

Este procedimento foi feito somente para os poços do Aquífero Bauru, subdivididos conforme as formações às quais abrangem. Os poços com concentrações de bário iguais ou superiores a 0,6 mg/l (Gália, Muritinga do Sul, Pompéia 211, Oriente, Inúbia Paulista,

Andradina, Ribeirão Bonito e Roseira 116) também foram avaliados individualmente. Porém, como poucos desses poços apresentaram boas correlações, foram apresentados apenas os poços de Gália e Muritinga do Sul, de modo que eles foram considerados representantes das formações às quais pertencem.

Para obter os índices de saturação da calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), witherita ( $\text{BaCO}_3$ ) e barita ( $\text{BaSO}_4$ ) nos poços de Gália e Muritinga do Sul, utilizou-se a ferramenta do *Aquachem* que realiza modelagem a partir do *Phreeqc*. Esses índices foram calculados somente para as amostras da campanha de setembro de 2008, pois foram as únicas que apresentaram resultados satisfatórios para o sulfato. O limite de detecção utilizado até 2008 era bastante alto (10 mg/l) e ineficiente.

### **5.3. AMOSTRAGEM DE ÁGUA SUBTERRÂNEA DE POÇOS DE ABASTECIMENTO**

#### **5.3.1. Acompanhamento da amostragem de poços monitorados pela CETESB**

Através da avaliação inicial da distribuição do bário em aquíferos do Estado de São Paulo, foram definidos os poços onde foram realizadas as amostragens de água subterrânea em conjunto com a CETESB (figuras 1 e 20). Na definição dos poços a serem amostrados, foi considerada que deveria estar presente, em áreas próximas, a maior abrangência de diferentes concentrações de bário. Os poços escolhidos foram georreferenciados e localizados no mapa através do programa *ArcGIS*.

A amostragem foi realizada em duas etapas: na primeira, foram amostrados apenas os poços de Rancharia, Quatá e Oriente; na etapa seguinte, foram amostrados os poços de Gália, Pompéia 203 e 211, Parapuã e Tupã.

Em cada poço, foram coletadas amostras para análises de cátions, ânions, alcalinidade e isótopos  $\text{O}_{18}/\text{D}$  e  $\text{Sr}/\text{Pb}$ . As amostras para análises de cátions e  $\text{Sr}/\text{Pb}$  foram filtradas, com filtros de acetato celulose de  $0,45 \mu\text{m}$ , e preservadas quimicamente, em  $\text{pH} < 2$ , com  $\text{HNO}_3$  ultrapuro concentrado. As amostras para alcalinidade e  $\text{O}_{18}/\text{D}$  devem ser coletadas em vidros de âmbar e não devem apresentar bolhas de ar. Assim que coletadas, todas as amostras foram acondicionadas e refrigeradas em temperaturas de  $4^\circ\text{C}$  até o momento de suas entradas no laboratório, para as análises químicas e isotópicas.

Foram feitas duas análises para cátions e ânions, uma no laboratório da CETESB e outra no laboratório CEPAS da Universidade de São Paulo; as análises de isótopos foram feitas no laboratório CEPEGEO da Universidade de São Paulo e a determinação da alcalinidade foi feita a partir de titulação com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  no campo.

Os parâmetros físico-químicos, tais como pH, Eh, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, temperatura foram medidos em campo, durante a coleta.

#### **5.3.2. Bombeamento de 24 horas com coleta de amostras no poço de Gália**

Dentre os poços amostrados anteriormente, o poço de Gália foi escolhido para uma segunda etapa de trabalho de campo, devido às suas concentrações de bário se apresentarem constantemente acima do limite de potabilidade ( $0,7\text{mg/l}$ ). O perfil construtivo

de seu poço foi desenhado a partir das informações disponibilizadas pela CETESB e pela SABESP, assim como o perfil estratigráfico de onde o poço foi instalado.

Neste poço, foram realizadas amostragens durante o bombeamento de 24 horas, para que fosse investigada a variação dos constituintes da água, ao longo da profundidade e das diferentes litologias interceptadas.

As amostragens foram feitas em intervalos de tempo estratégicos: 15 minutos, 30 minutos, 1 hora, 3 horas, 6 horas, 9 horas, 12 horas, 18 horas e 24 horas. Em cada uma, foram coletadas amostras para análises de cátions, ânions e isótopos  $O_{18}/D$ , executando o mesmo procedimento da amostragem anterior. Os parâmetros físico-químicos e a alcalinidade foram novamente determinados em campo.

As análises dos íons foram feitas pelo laboratório CEPAS da Universidade de São Paulo e as análises de isótopos foram feitas no laboratório CEPEGEO da Universidade de São Paulo.

## **6. CONSULTA E TRATAMENTO DO BANCO DE DADOS**

Inicialmente, os aquíferos do Estado de São Paulo foram classificados hidrogeoquimicamente, com relação aos seus componentes maiores. De maneira geral, as águas de todos os aquíferos são bicarbonatadas sódicas com variação para bicarbonatadas cálcicas ou calco-magnesianas.

O aquífero Tubarão apresenta nitidamente essa tendência de composições bicarbonatadas sódicas a cálcicas (figura 5), o que, aparentemente, também ocorre no aquífero Taubaté (figura 6). No aquífero São Paulo, as amostras disponíveis indicam apenas as composições bicarbonatadas sódicas.

No aquífero Serra Geral e nas Formações Santo Anastácio e Adamantina do Aquífero Bauru, observa-se variação de composições bicarbonatadas sódicas para calco-magnesianas. Porém, na formação Adamantina também estão presentes composições sódicas-magnesianas. As amostras da Aquífero Bauru indicam apenas as composições bicarbonatadas sódica-magnesiana e calco-magnesiana.

Os Aquíferos Guarani e Fraturado Pré-Cambriano (Cristalino) apresentam águas mistas, que variam de composições sódicas a cálcicas com diferentes proporções do componente magnésiano, ora ausente, ora com forte influência. As amostras disponíveis para as rochas do Grupo São Roque do aquífero Cristalino, indicam apenas composição calco-magnesiana.

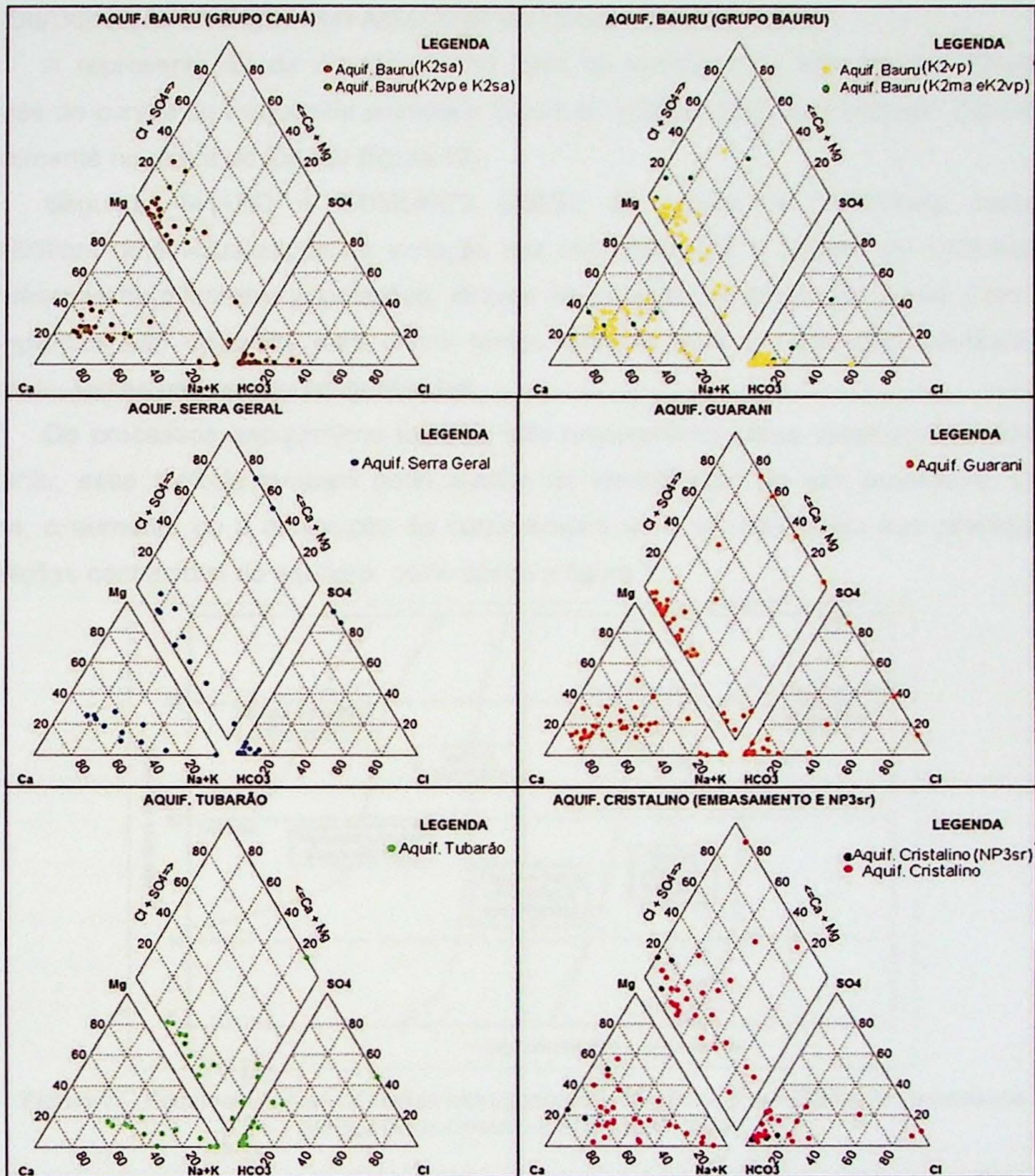


Figura 5 – Gráficos piper das águas subterrâneas dos Aquíferos Serra Geral, Guarani, Tubarão, Cristalino e Bauru , subdividido em K2sa (Fm. Sto. Anastácio), K2vp (Fm. Adamantina), K2ma (Fm. Marília).

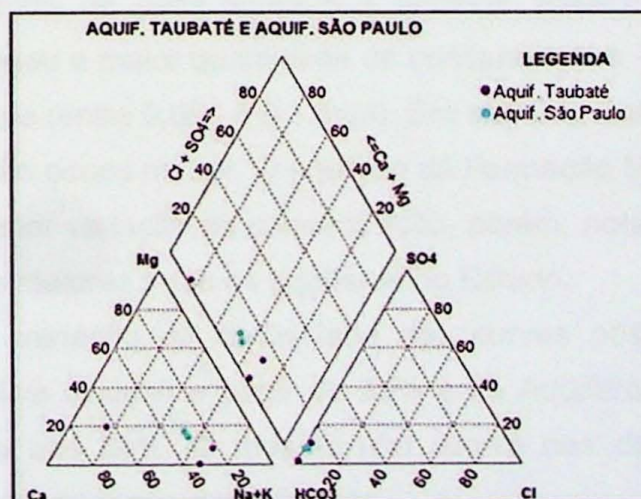


Figura 6 – Distribuição dos componentes maiores das águas subterrâneas dos Aquíferos Taubaté e São Paulo.

## 6.1. DISTRIBUIÇÃO DO BÁRIO POR AQUÍFEROS DO ESTADO DE SÃO PAULO

A representação da distribuição do bário foi realizada de três formas diferentes: através de curvas de frequência cumulada (figura 8), gráficos "box and whisker" (figura 9) e visualmente no mapa do Estado (figura 10).

Segundo SHAND & EDMUNDS (2008), as curvas de frequência cumulada possibilitam uma visualização da variação das concentrações e podem ser utilizadas na identificação de diferentes populações, através da variação do declive da curva. Com isso, tais gráficos são utilizados para definir fontes distintas para o parâmetro estudado, por exemplo, fontes naturais ou contaminadas.

Os processos geoquímicos também são responsáveis pelas variações nas curvas, portanto, esse método também pode auxiliar na identificação de tais processos. Dessa forma, o aumento ou a diminuição da concentração deve ser associado aos processos e condições conhecidas do aquífero, como ilustra a figura 7.

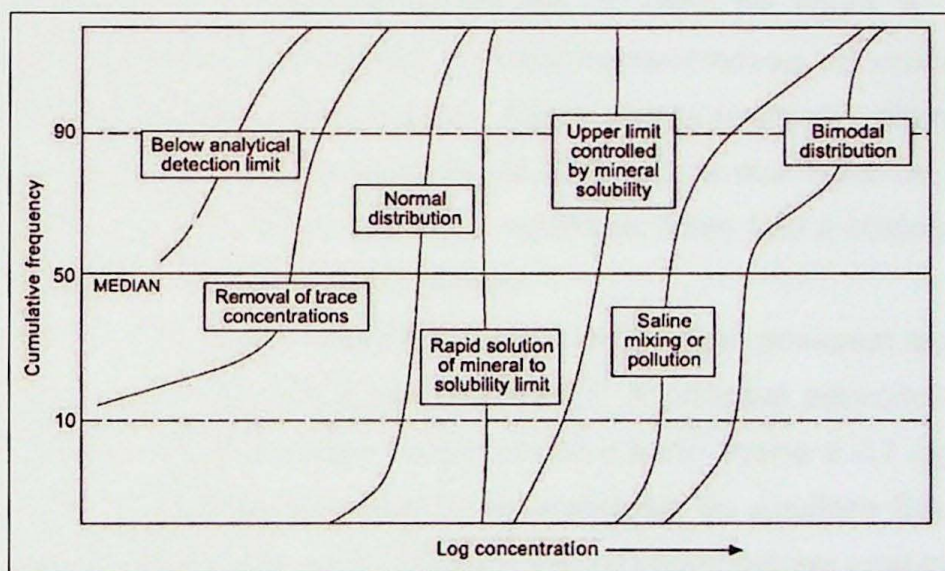


Figura 7 – Possíveis curvas de dados hidrogeoquímicos gerados por diferentes processos geoquímicos (SHAND & EDMUNDS, 2008).

Através das curvas de frequência cumulada obtidas para o bário nos diferentes aquíferos do Estado de São Paulo (figura 8) observa-se que as concentrações de bário variam amplamente dentro de cada aquífero e também entre os aquíferos. O Aquífero Guarani foi o que abrangeu a maior quantidade de concentrações, chegando a duas ordens de grandeza de amplitude (entre 0,001 e 0,1 mg/l). Em seguida, estão os Aquíferos Tubarão e Cristalino, com variação pouco menor. O aquífero da Formação Marília do Grupo Bauru foi o que apresentou a menor variação na concentração, porém, nota-se que seus valores de concentrações foram os maiores entre os aquíferos do Estado.

Com relação à variação na declividade das curvas observa-se que o Aquífero Guarani apresenta declive sinuoso a partir de 20% e os Aquíferos Tubarão e Cristalino o mesmo ocorre próximo aos 30%. O mesmo não ocorre nos demais aquíferos, onde a variação no declive ocorre de forma mais discreta.

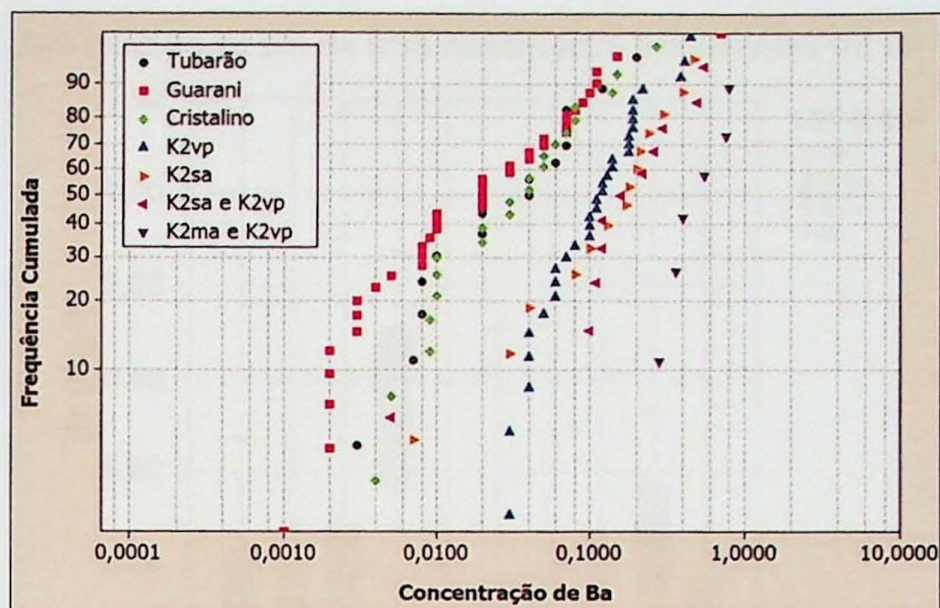


Figura 8 – Curvas de frequência cumulada para as concentrações de bário por aquífero.

Segundo a representação da distribuição do bário na figura 9, novamente fica evidente que as maiores concentrações de bário concentram-se na unidade aquífera da Formação Marília do Aquífero Bauru (K2ma e K2vp). Nessa formação, além do bário atingir concentrações acima do limite de potabilidade (0,7mg/l), a sua faixa de concentração é superior às demais concentrações nos outros aquíferos. Esse fato é evidenciado pelo valor da mediana na Aquífero Bauru, igual ~0,48 mg/l.

Os Aquíferos Serra Geral, Guarani, Tubarão e Cristalino possuem os menores teores de bário, que geralmente não ultrapassam 0,1 mg/l. A principal exceção corresponde ao poço de Ribeirão Bonito, no Aquífero Guarani, onde o bário ocorre a 0,7 mg/l. As unidades aquíferas das Formações Adamantina e Santo Anastácio do Aquífero Bauru, isoladas ou associadas, e os Aquíferos Taubaté e Cristalino (NP3sr) demonstram uma grande amplitude nas concentrações de bário, que variam de ~0,01 a ~0,5 mg/l.

A figura 10 ilustra a distribuição das concentrações de bário nos poços do Estado monitorado pela CETESB, demonstrando que os maiores teores de bário concentram-se no Aquífero Bauru.

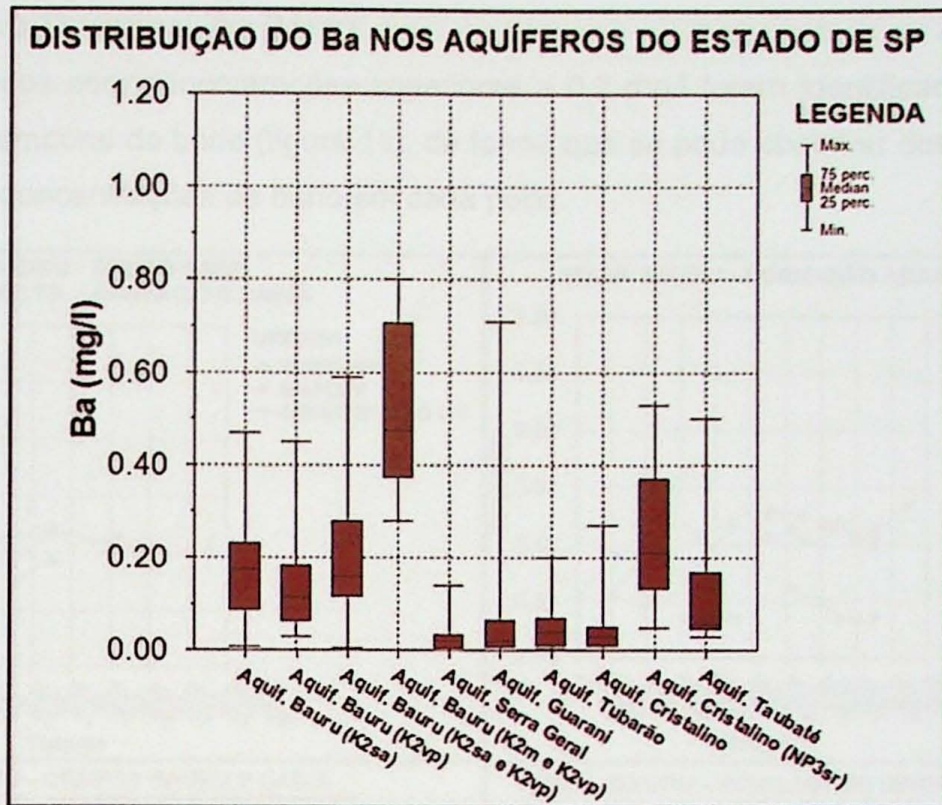


Figura 9 – Gráficos *box and whisker* das concentrações de bário para cada aquíferos (K2sa: Fm. Sto. Anastácio; K2vp: Fm. Adamantina; K2ma: Fm. Marília).

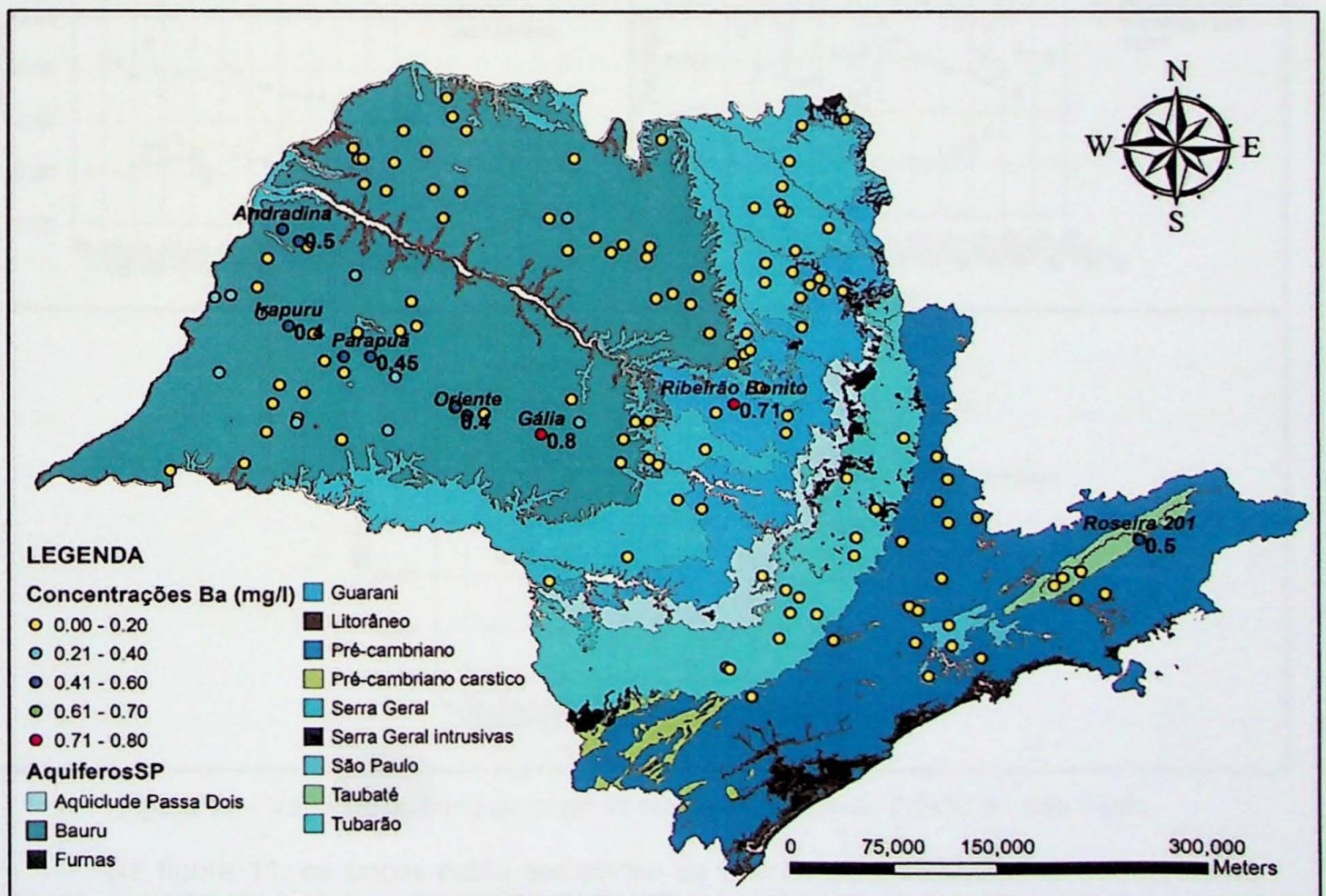


Figura 10 – Mapa da distribuição das concentrações de bário nos poços monitorados pela CETESB.

## 6.2. VARIAÇÃO TEMPORAL DO BÁRIO

Os poços com concentrações superiores a 0,2 mg/l foram identificados nos gráfico de variação temporal do bário (figura 11), de forma que se pode observar detalhadamente a variação das concentrações de bário em cada poço.

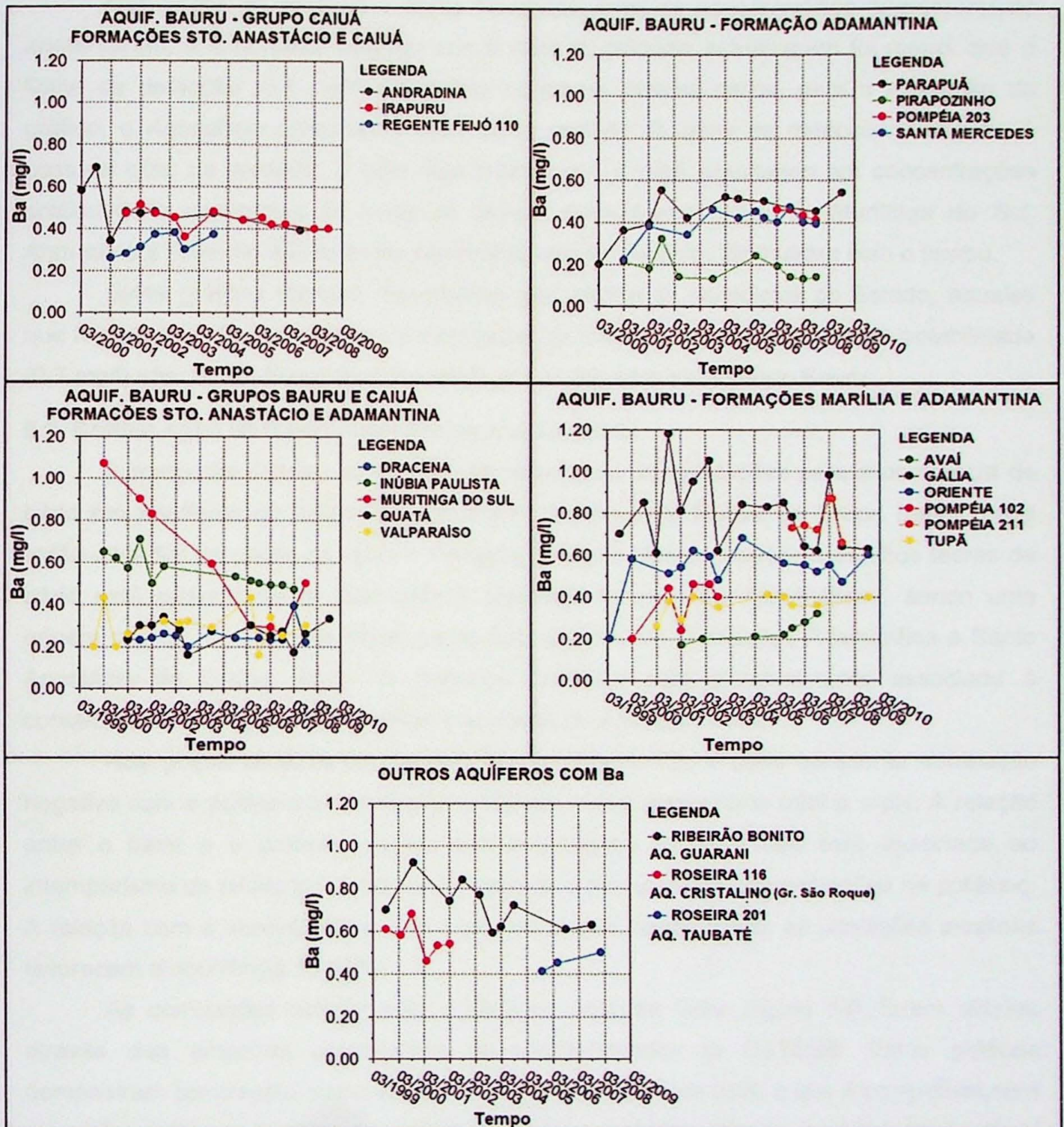


Figura 11 – Variação do bário ao longo do tempo em poços do Estado de São Paulo

Na figura 11, os poços estão agrupados de acordo com os aquíferos aos quais se situam. Através dessa disposição dos dados, observa-se que não existe nenhum padrão na variação das concentrações, por aquífero, de forma que as concentrações variam de maneira única em cada poço.

Na maioria dos poços, não está evidente uma tendência de aumento ou diminuição contínua das concentrações. O que ocorre é uma variação irregular nas concentrações, com amplitudes próximas a 0,1 ou 0,2 mg/l, mas que apesar de tais variações as concentrações mantêm-se aproximadamente constantes ao longo do tempo.

Nos poços de Parapuã e Santa Mercedes, onde as concentrações aparentemente aumentaram, é importante salientar que o valor da primeira amostragem foi menor que o limite de detecção (0,4 mg/l) em ambos os poços. Nestes casos, para a execução do gráfico, o *Aquachem* considera o valor como metade do limite de detecção. Portanto, é possível que, na verdade, o valor seja próximo a 0,4 mg/l, resultando em concentrações praticamente constantes ao longo do tempo. Apenas nos poços de Muritinga do Sul, Andradina e Ribeirão Bonito as concentrações, aparentemente, diminuíram com o tempo.

Estes gráficos também demonstram que, dentre os municípios do Estado, aqueles que historicamente apresentam concentrações de bário superiores ao limite de potabilidade (0,7 mg/l) são: Gália, Pompéia e Muritinga do Sul, situados no Aquífero Bauru.

### **6.3. CORRELAÇÃO DO BÁRIO COM PARÂMETROS QUÍMICOS**

A execução dessas correlações forneceu duas interpretações para a ocorrência de bário em aquíferos do Estado de São Paulo. No Aquífero Marília do Grupo Bauru, onde estão situados os poços de Gália e Pompéia, a causa para a ocorrência de altos teores de bário está provavelmente associada à presença de minerais carbonáticos, sendo uma origem natural. No poço de Muritinga do Sul, situado nas Formações Adamantina e Santo Anastácio do Grupo Bauru, a presença do bário está provavelmente associada à contaminação antrópica, nas porções mais rasas do Aquífero Bauru.

Nos poços situados no Aquífero Marília (figura 12), o bário apresenta correlação negativa com o potássio e correlações positivas com a alcalinidade total e o pH. A relação entre o bário e o potássio sugere que a presença do bário não está associada ao intemperismo de feldspatos, pois seria esperado o aumento das concentrações de potássio. A relação com a alcalinidade e com o pH indica que, nesta região, as condições alcalinas favorecem a ocorrência do bário.

As correlações obtidas para o bário no poço de Gália (figura 13), foram obtidas através das amostras provenientes do monitoramento da CETESB. Estes gráficos demonstram correlações positivas do bário com a alcalinidade total, o que é compatível com o padrão verificado para os poços que se situam na Aquífero Bauru, e com o cálcio. Essa última relação sugere que a presença do cálcio pode ser favorável para o bário, o que reforça a importância dos minerais carbonáticos da Aquífero Bauru na ocorrência do bário.

Nas Formações Adamantina e Santo Anastácio (figura 14), o bário apresenta correlações positivas com o nitrato e o cloreto, parâmetros intimamente relacionados com a contaminação das porções mais rasas dos aquíferos. No caso dos poços da Formação

Marília, não existem ocorrências de contaminação nas proximidades da região e não foram obtidos teores significativos de nitrato e cloreto.

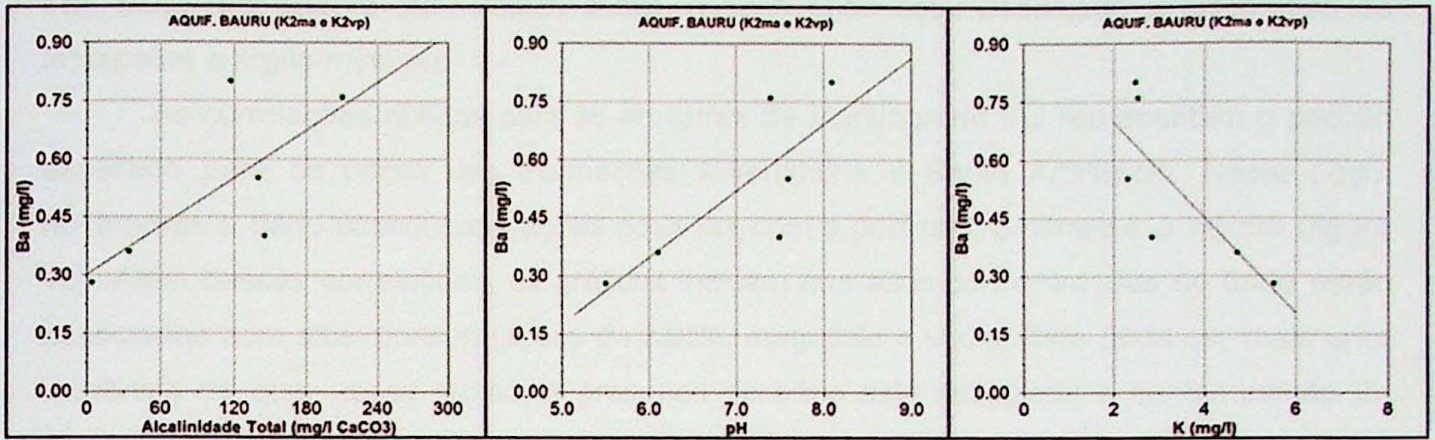


Figura 12 – Correlações entre bário e alcalinidade total, pH e potássio nos poços das Formações Marília e Adamantina associadas.

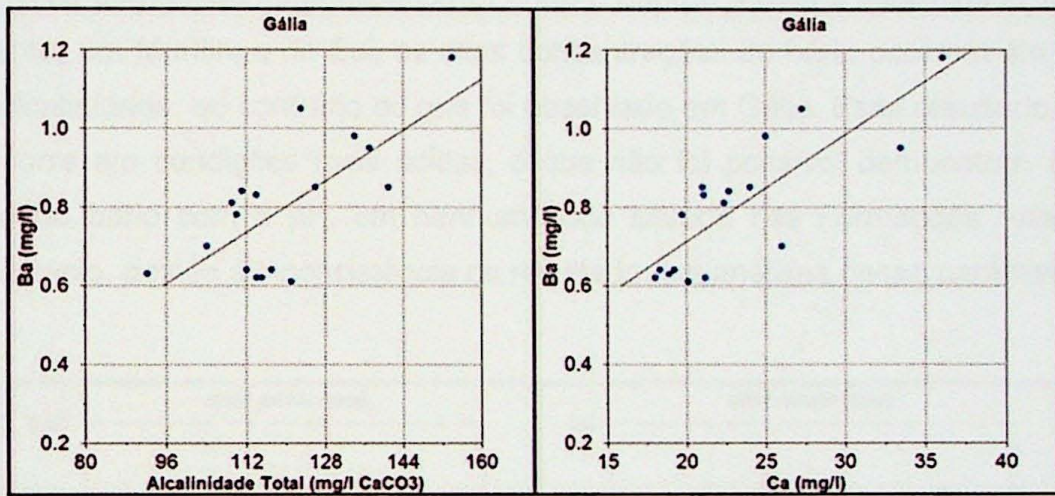


Figura 13 – Correlações entre bário e alcalinidade total e cálcio para as amostras do poço de Gália.

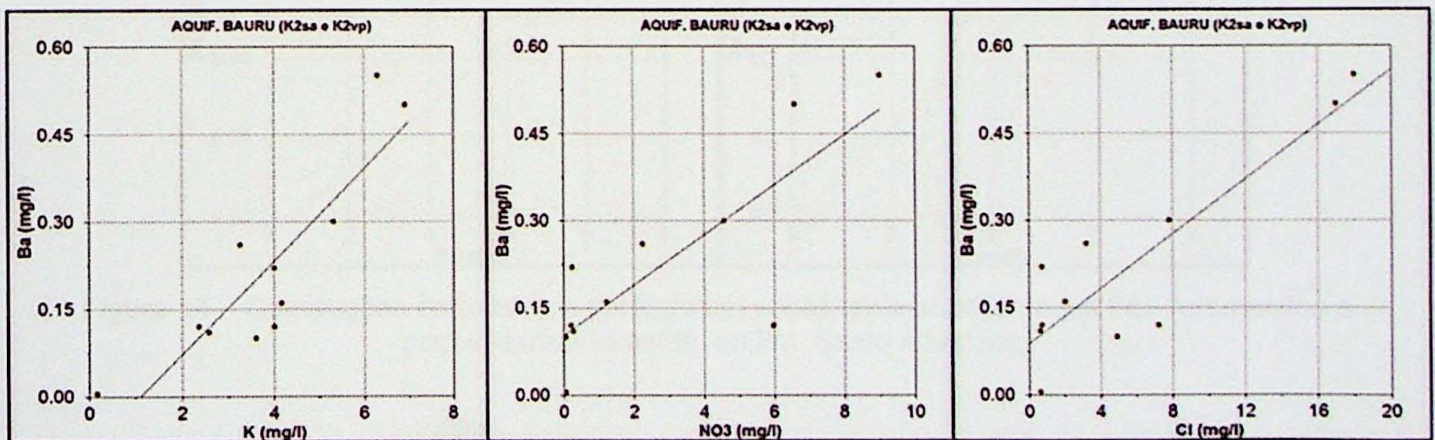


Figura 14 – Correlações entre bário e potássio, nitrato e cloreto nos poços das Formações Adamantina e Santo Anastácio associadas.

Ao contrário do que ocorreu nos poços da Formação Marília, o bário apresenta correlação positiva com o potássio nas Formações Adamantina e Santo Anastácio (figura 15). Esse fato sugere que, nestes casos, o bário pode estar associado à dissolução de feldspatos e argilo-minerais.

As correlações obtidas para as amostras de Muritinga do Sul representam o padrão esperado para os poços das Formações Adamantina e Santo Anastácio. Neste poço, novamente o bário possui correlações positivas com o potássio, o nitrato e o cloreto (figura 16). Além dessas correlações, os gráficos indicam que altas concentrações de bário estão associadas com altas concentrações de cálcio, magnésio e sódio. Esta pode ser mais uma evidência de que, nessa região, a presença do bário está associada à contaminação da água do aquífero por efluentes domésticos, pois a contaminação também causa o aumento das concentrações dos cátions maiores.

A única correlação negativa ocorreu entre o bário e a com a alcalinidade total (figura 17). Portanto, em Muritinga do Sul, as altas concentrações de bário ocorrem em condições de baixa alcalinidade, ao contrário do que foi observado em Gália. Esse resultado infere que o bário ocorre em condições mais ácidas, o que não foi possível demonstrar, através da correlação do bário com o pH, em nenhum poço situado nas Formações Adamantina e Santo Anastácio, devido à inconsistência no resultado das análises desse parâmetro.

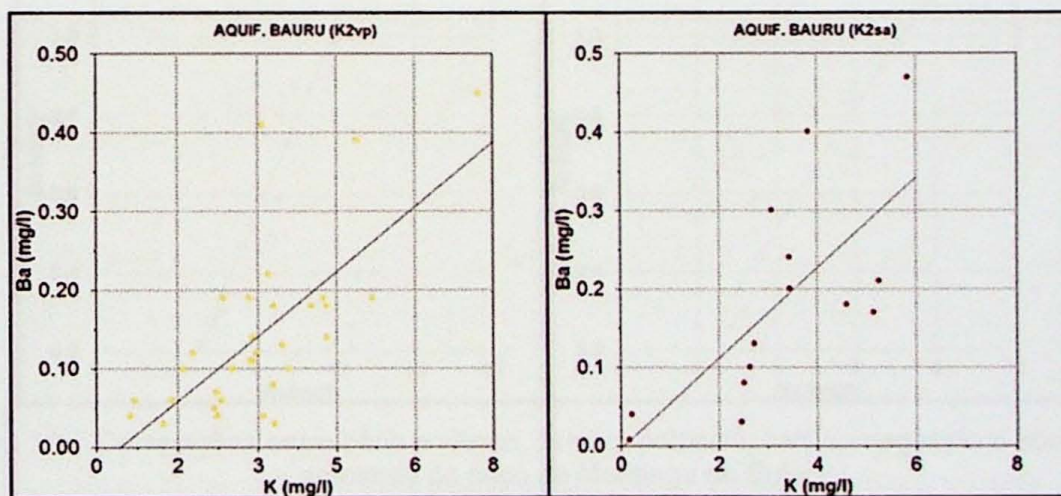


Figura 15 – Correlações entre bário e potássio em poços, exclusivamente, da Fm. Adamantina e poços, exclusivamente, da Fm. Santo Anastácio.

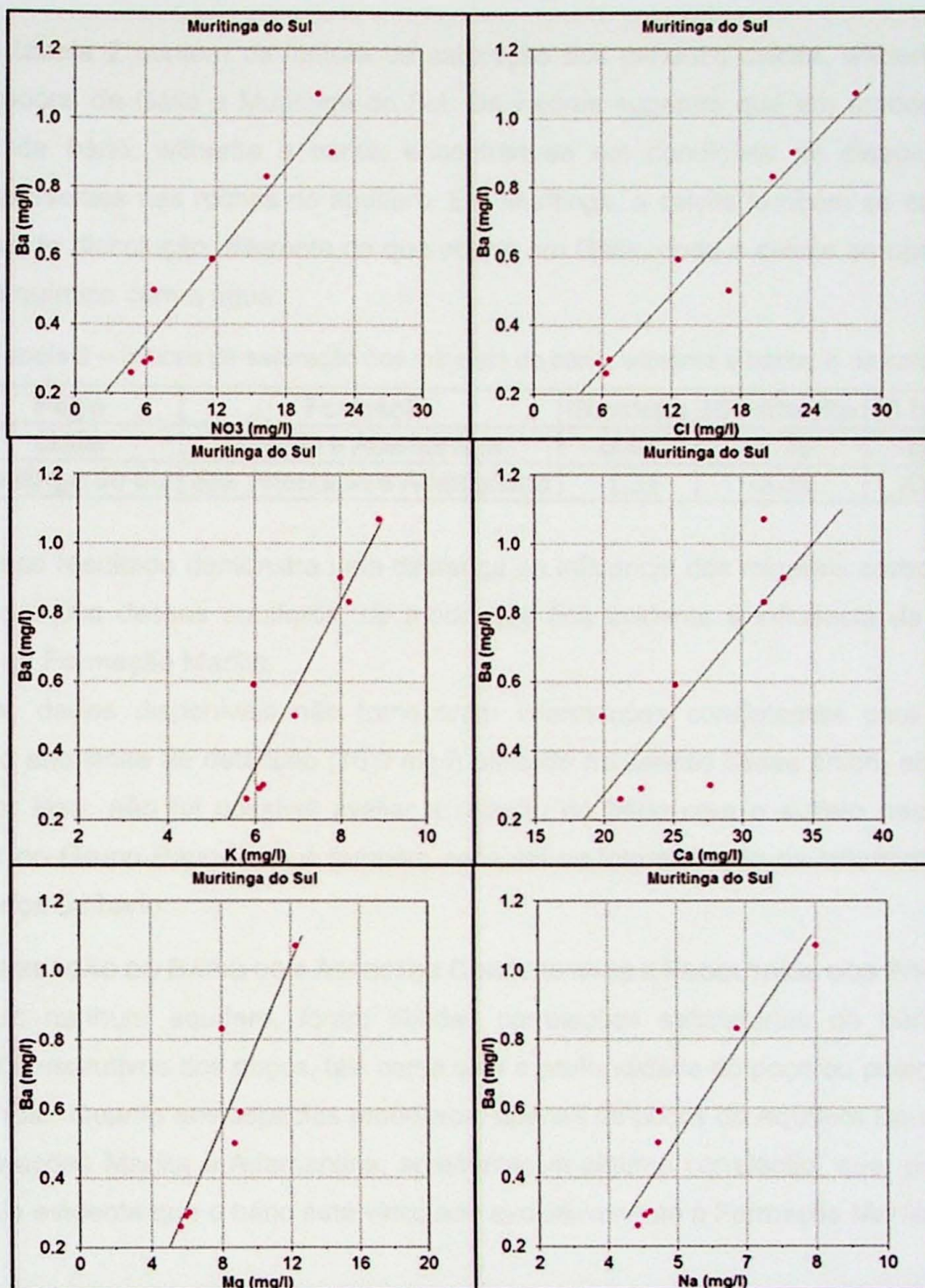


Figura 16 – Correlações entre bário e nitrato, cloreto, potássio, cálcio, magnésio e sódio para amostras do poço de Muritinga do Sul.

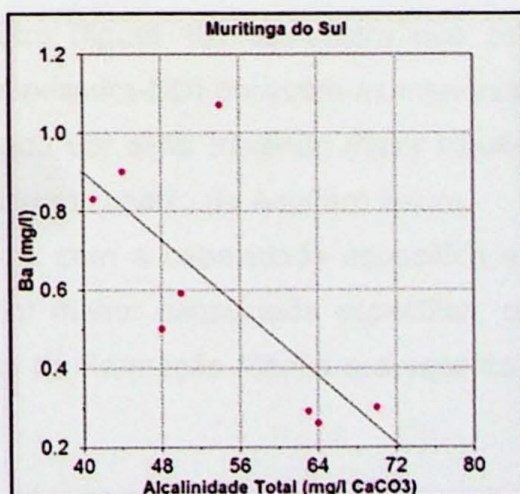


Figura 17 – Correlação entre bário e alcalinidade total no poço de Muritinga do Sul.

A tabela 2 contém os índices de saturação dos minerais calcita, witherita e barita para os poços de Gália e Muritinga do Sul. Os valores sugerem que em ambos poços os minerais de bário, witherita e barita, encontram-se em condições de dissolução, caso estejam presentes nas rochas do aquífero. Em Muritinga, a calcita também se encontra em condições de dissolução, diferente do que ocorre em Gália, onde a calcita se apresenta em equilíbrio químico com a água.

Tabela 3 – Índices de saturação dos minerais de bário, witherita e barita, e da calcita.

Poço	Formação	IS calcita	IS witherita	IS barita
Gália	Marília e Adamantina	0.13	-1.79	-0.59
Muritinga do Sul	Sto. Anastácio e Adamantina	-1.31	-3.36	-0.70

Esse resultado demonstra uma diferença na influência dos minerais carbonáticos na hidrogeoquímica desses aquíferos, de modo que fica evidente a influência da calcita no aquífero da Formação Marília.

Os dados disponíveis não forneceram informações consistentes para o sulfato, devido ao alto limite de detecção (10,0 mg/l) utilizado na análise desse ânion, até o ano de 2008. Por isso, não foi possível avaliar a relação do bário com o sulfato nas diferentes unidades do Grupo Bauru, o que também seria útil na interpretação da influência da barita na presença do bário.

#### 6.4. CORRELAÇÃO DO BÁRIO COM ASPECTOS CONSTRUTIVOS E PRODUTIVOS DOS POÇOS

Em nenhum aquífero, foram obtidas correlações satisfatórias do bário com os aspectos construtivos dos poços, tais como cota e profundidade do poço ou posição do filtro e da bomba. Quanto aos aspectos produtivos, apenas os poços do Aquífero Bauru situados nas Formações Marília e Adamantina, apresentaram alguma correlação, que, por sua vez, torna mais evidente que o bário está vinculado exclusivamente à Formação Marília do Grupo Bauru.

Os gráficos (figura 18) indicam correlação negativa do bário com a capacidade específica, e correlação positiva com a distância entre o nível dinâmico e a base do aquífero (Espess-ND). Este parâmetro (figura 19) demonstra que os poços com nível dinâmico profundo (menor valor de espessura-ND) possuem as menores concentrações de bário. Tal fenômeno pode ser justificado por estar havendo maior influência das águas provenientes da formação Adamantina, situada abaixo da Aquífero Bauru.

A correlação negativa com a capacidade específica evidencia a mesma situação, uma vez que os poços com menor capacidade específica, ou seja, menor produtividade detêm as águas mais rasas da Formação Marília e apresentam as maiores concentrações de bário.

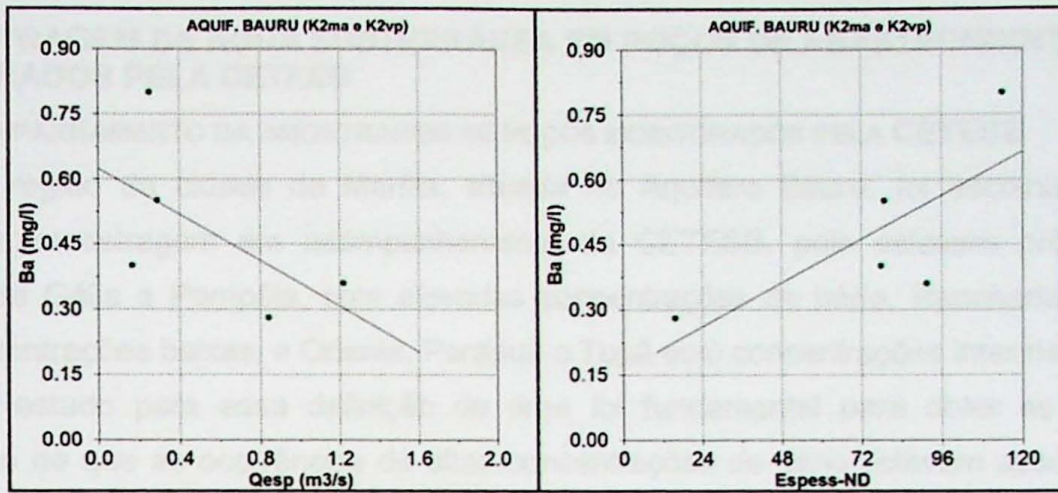


Figura 18 – Correlações entre bário e aspectos produtivos, nos poços das Formações Marília e Adamantina associadas.

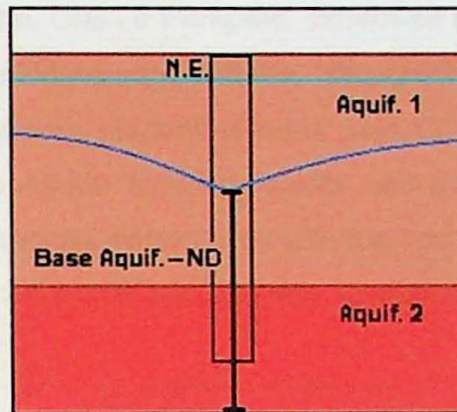


Figura 19 – Distância do ND com relação à base do aquífero.

## 7. AMOSTRAGEM DE ÁGUA SUBTERRÂNEA EM POÇOS DE ABASTECIMENTO MONITORADOS PELA CETESB

### 7.1. ACOMPANHAMENTO DA AMOSTRAGEM DE POÇOS MONITORADOS PELA CETESB

A região da cidade de Marília, situada no Aquífero Bauru, foi escolhida para a realização amostragem em acompanhamento da CETESB, pois estavam próximas as cidades de Gália e Pompéia, com elevadas concentrações de bário, Rancharia e Quatá, com concentrações baixas, e Oriente, Parapuã e Tupã com concentrações intermediárias.

O estudo para essa definição de área foi fundamental para obter as primeiras evidências de que as ocorrências de altas concentrações de bário estavam associadas às rochas da Formação Marília do Aquífero Bauru. A figura 20 contém a localização no mapa dos poços amostrados e fornece claramente essa visão, uma vez que os poços com as maiores concentrações de bário, Gália e Pompéia, situam-se na formação citada.

Os resultados das análises de cátions, disponibilizados pela CETESB, e os resultados das análises de ânions, disponibilizados pelo CEPAS, foram acrescentados ao banco de dados. Esses resultados também serão utilizados em outro projeto, com a finalidade de verificar as diferenças entre os resultados das amostras filtradas em campo, analisadas pelo CEPAS, e as amostras não filtradas, analisadas pela CETESB.

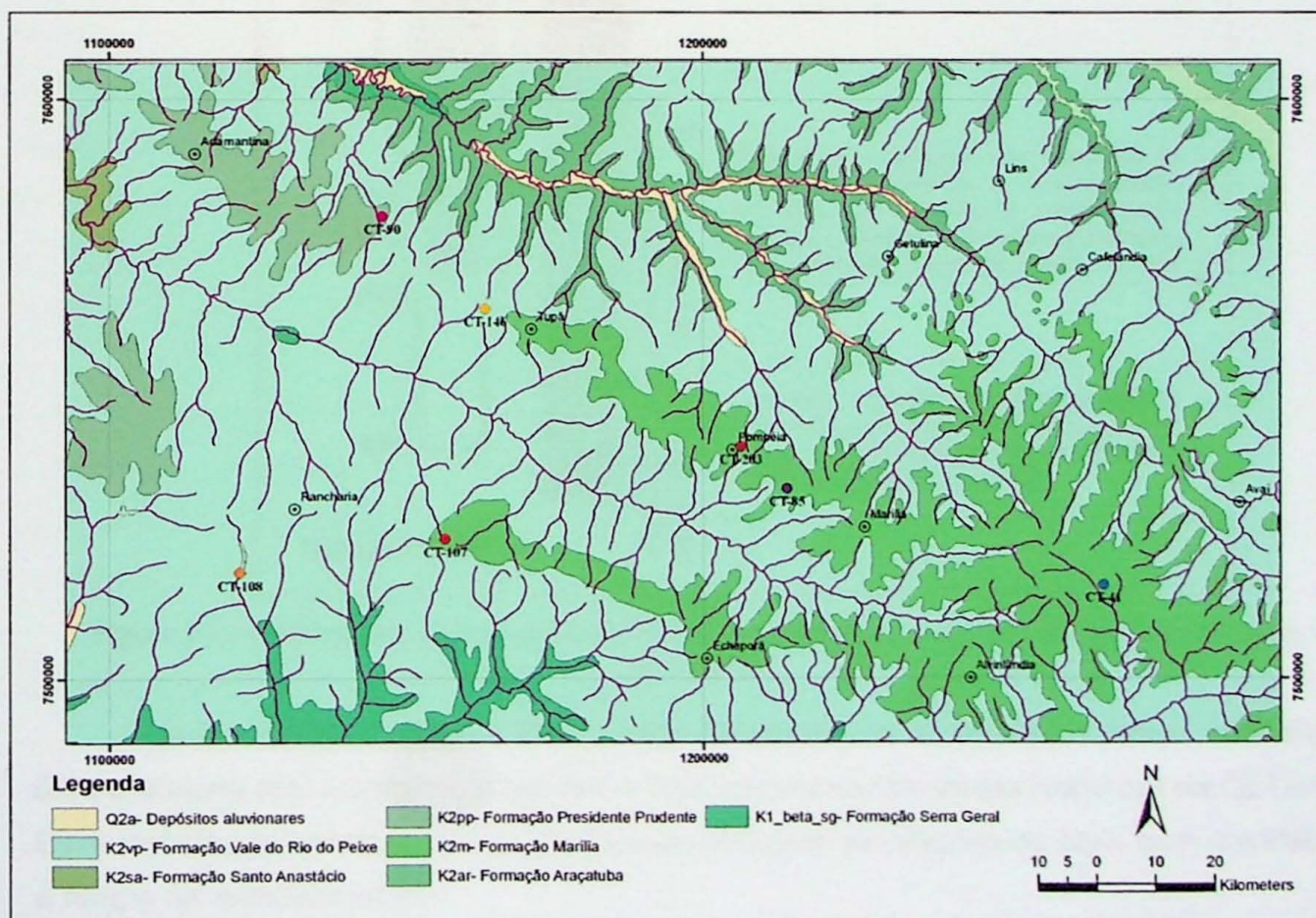


Figura 20 – Localização das amostras (CT-41 Gália, CT-85 Oriente, CT-90 Parapuã, CT-107 Quatá, CT-108 Rancharia, CT-146 Tupã, CT-203 Pompéia, CT-211 Pompéia).

## 7.2. BOMBEAMENTO DE 24 HORAS COM COLETA DE AMOSTRAS NO POÇO DE GÁLIA

As características do poço de Gália, onde foi realizado o estudo detalhado da variação do bário em relação ao tempo de bombeamento, assim como o perfil estratigráfico referente à porção do Aquífero Bauru onde o poço se encontra, estão representados na figura 21.

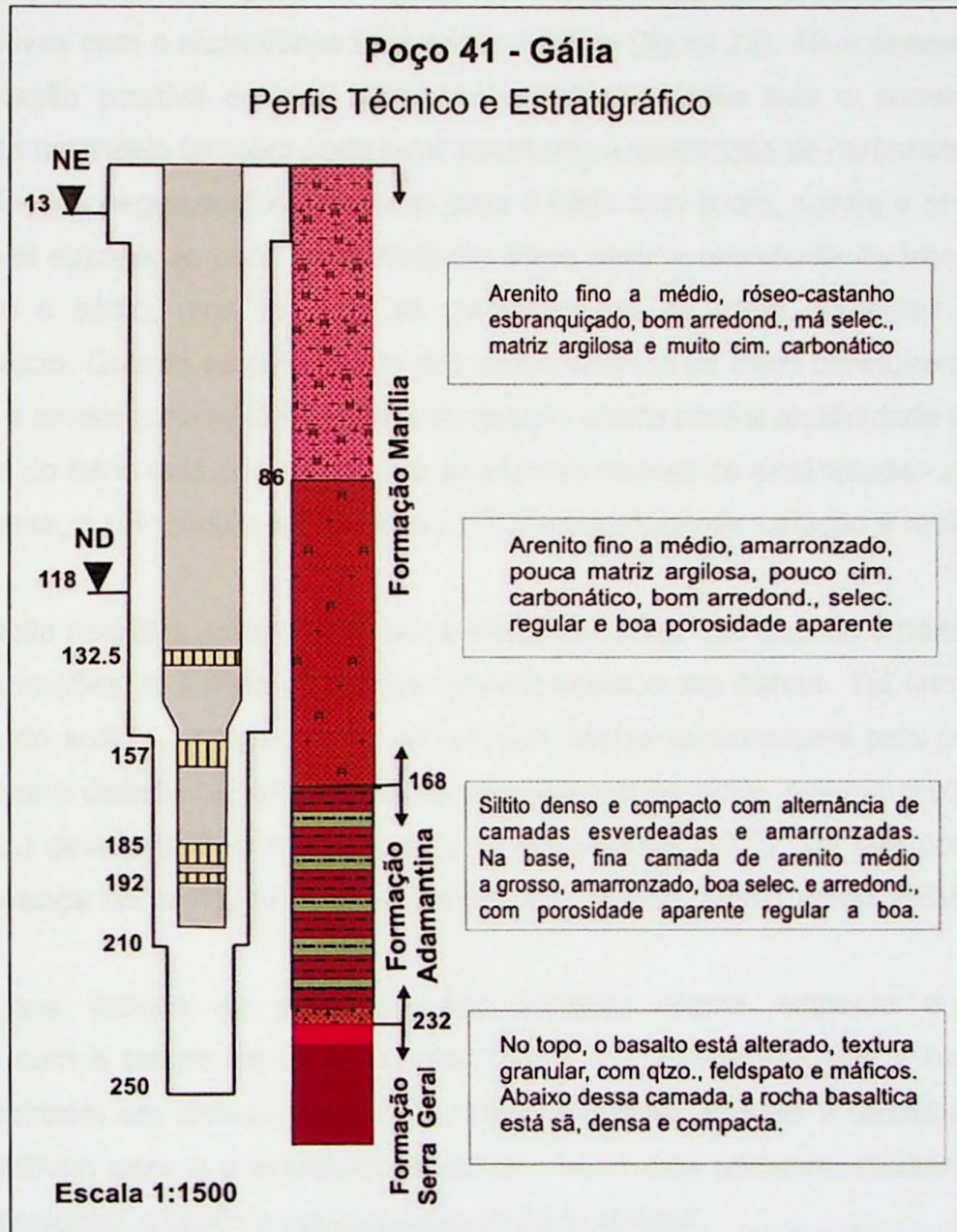


Figura 21 – Perfil construtivo do poço de Gália, junto com o perfil estratigráfico das formações envolvidas.

Os resultados obtidos a partir dessa campanha de amostragem foram pertinentes com a maioria dos resultados alcançados pelo tratamento dos dados históricos da CETESB. Esse trabalho possibilitou, ainda, que fossem avaliadas as relações do bário com o sulfato e o tempo de bombeamento.

A correlação negativa entre o bário e o tempo de bombeamento (figura 22) está associada com a correlação apresentada anteriormente para o bário e a capacidade específica (figura 18), pois sugere que a presença de águas mais profundas influencia na diminuição das concentrações de bário. Vale salientar que, neste gráfico, a distribuição das amostras forma uma curva exponencial.

Como já era esperado para as águas da Aquífero Bauru, o bário apresentou correlações positivas com a alcalinidade total e com o cálcio (figura 23). Além dessas, ainda foi obtida correlação positiva entre o bário e o magnésio, sendo que o aumento das concentrações de magnésio também pode estar associado à dissolução de carbonatos.

As correlações negativas foram obtidas para o bário com sódio, sulfato e pH (figura 23). Uma possível explicação para o resultado do sódio seria a ocorrência de troca-iônica entre o cálcio e o sódio, uma vez que as concentrações de sódio aumentam com a diminuição do cálcio. Quanto ao pH, apesar das concentrações de bário diminuírem com o aumento do pH e serem contraditórias com a correlação obtida para a alcalinidade total - já que a ocorrência do bário está associada com os maiores valores de alcalinidade - observa-se que, inicialmente, o pH tende a ser alcalino (7,7) e a amplitude de variação é muito baixa (0,3).

A correlação negativa entre o bário e o sulfato demonstra que quando o bário ocorre em altas concentrações, o sulfato apresenta concentrações muito baixas. Tal fato sugere que a ausência do sulfato na água pode ser um dos fatores responsáveis pela presença significativa do bário dissolvido, pois se ambos coexistissem na água, haveria precipitação de barita ( $\text{BaSO}_4$ ) devido ao seu baixo produto de solubilidade ( $10^{-10}$ ). Tal fato constata o controle da presença do bário na água exercido pelo sulfato, assim como HEM (1985) sugeriu.

Quanto aos índices de saturação dos minerais (barita, witherita e calcita) correlacionados com o tempo de bombeamento (figura 24), observa-se que a barita e a witherita se encontram em dissolução durante todo o processo. Apenas a calcita parte da condição de equilíbrio para a precipitação, quando o bário está presente, passando para condições de dissolução, quando a concentração do bário diminui.

A dissolução da witherita ( $\text{BaCO}_3$ ) é o fator mais provável pelo fornecimento do bário nas águas deste aquífero, influenciando também nas reações com a calcita.

Porém, estudos sobre a caracterização mineralógica da Formação Marília são necessários para constatar a presença ou ausência de ambos minerais de bário (witherita e da barita), ou ainda para indicar a ocorrência de outro mineral-fonte de bário.

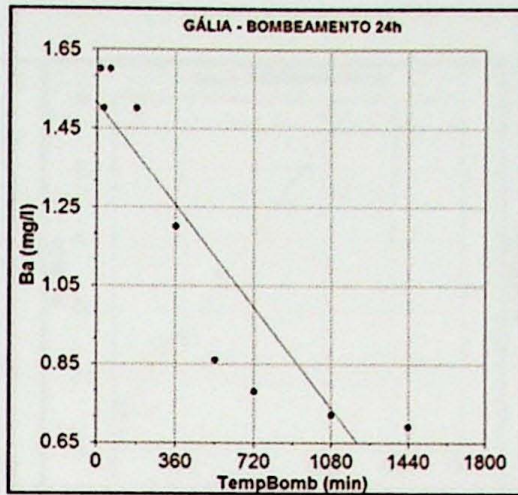


Figura 22 – Correlação entre bário e tempo de bombeamento para as amostras obtidas através do bombeamento de 24 horas no poço de Gália.

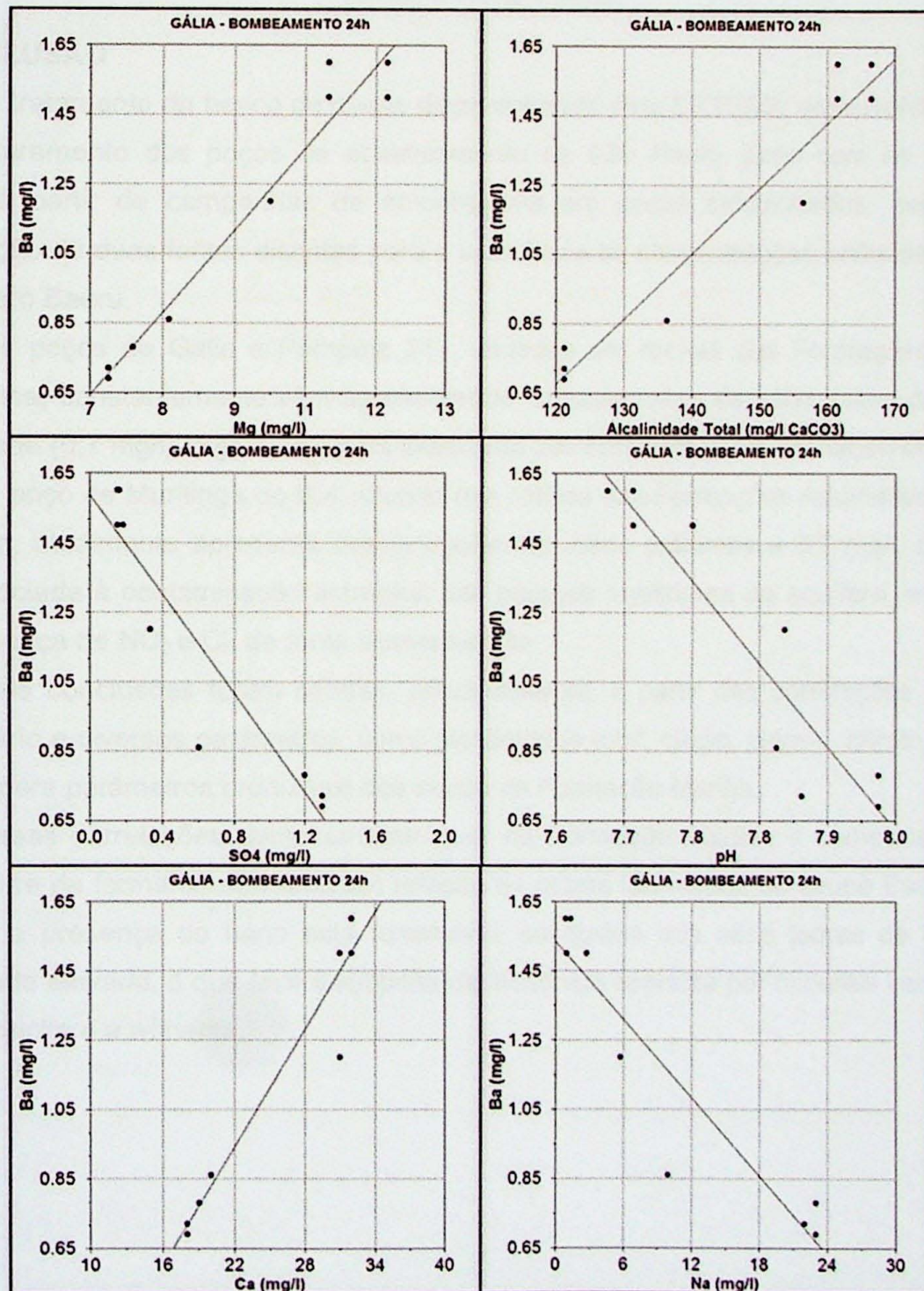


Figura 23 – Correlações do bário com magnésio, alcalinidade total, sulfato, pH, cálcio e sódio obtidas através do bombeamento de 24 horas no poço de Gália.

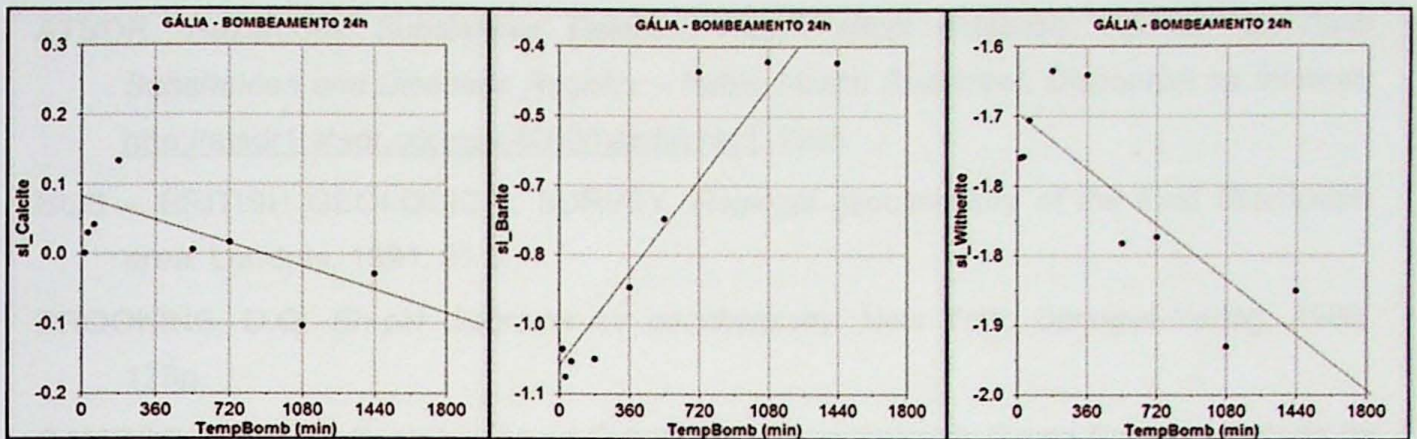


Figura 24 – Correlações entre o tempo de bombeamento e os índices de saturação dos minerais: calcita, witherita e barita.

## 8. CONCLUSÃO

O tratamento do banco de dados disponibilizado pela CETESB, desenvolvido a partir do monitoramento dos poços de abastecimento de São Paulo, junto com os resultados obtidos a partir de campanhas de amostragens em poços selecionados, permitiram a constatação de duas fontes distintas para a ocorrência de concentrações anômalas de bário no Aquífero Bauru.

Os poços de Gália e Pompéia 211, situados em rochas das Formações Marília e Adamantina, constantemente vêm apresentando concentrações de bário acima do limite de potabilidade (0,7 mg/l), cuja causa está associada aos carbonatos da Formação Marília.

O poço de Muritinga do Sul, situado nas rochas das Formações Adamantina e Santo Anastácio, atualmente apresenta concentrações de bário próximas a 0,7 mg/l, cuja causa está associada à contaminação antrópica das porções superiores do aquífero, evidenciada pela presença de  $\text{NO}_2$  e  $\text{Cl}$ , de fonte desconhecida.

Tais conclusões foram obtidas, principalmente, a partir das correlações realizadas para o bário e diversos parâmetros, como alcalinidade total, cálcio, cloreto, nitrato, sulfato, e também para parâmetros produtivos dos poços da Formação Marília.

Essas correlações demonstraram que, na Formação Marília, o comportamento do bário ocorre de forma diferenciada em relação às outras formações do Grupo Bauru. Nessa unidade, a presença do bário está fortemente associada aos altos teores de cálcio e à alcalinidade elevada, o que leva a suspeita da influência exercida por minerais carbonáticos, como a calcita e a witherita.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATSDR. *Hazardous Substances Release. Health effect database. Agency for Toxic Substances and Diseases Registry – Public Health Statement.* Disponível na Internet. <http://atsdr1.atsdr.cdc.gov:8080/hazdat.html>. 1995.
- BGS – BRITISH GEOLOGICAL SURVEY. *Regional geochemistry of the East Grampians area.* Londres, 1991. 91 p.
- BROOKINS, D.G. *Eh-pH diagrams for geochemistry.* New York: Springer-Verlag, 1988. 176p.
- CAMPOS, H.C.N.S. *Contribuição do Estudo Hidrogeoquímico do Grupo Bauru no Estado de São Paulo.* 1987. 105 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- CETESB (2001). *Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo.* São Paulo: CETESB, 2001. 247p.
- CETESB (2004). *Relatório de qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo 2004.* São Paulo: CETESB, 2005. v.1. 307p.
- CETESB (2007). *Relatório de qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo 2007.* São Paulo: CETESB, 2008. 537p.
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. *Geologia e Recursos Minerais do Estado de São Paulo.* São Paulo: CPRM, 2006, Mapa Geológico Estadual. Escala 1:750.000.
- FERNANDES, L. A. *A cobertura cretácea suprabasáltica no Paraná e Pontal do Paranapanema (SP): os grupos Bauru e Caiuá.* 1992. 129 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- FERNANDES, L. A. *Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil).* 1998. 216 f. Tese (Doutoramento) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- FERNANDES, L.A. & COIMBRA, A. M. *O Grupo Caiuá (ks): revisão estratigráfica e contexto deposicional.* Revista Brasileira de Geociências, v.24, n.3, p.164-176, 1994.
- GILKERSON, R. H.; SPECHT, S. A.; CARTWRIGHT, K.; GRIFFIN, R. A.; LARSON, T. E. *Geologic studies to identify the source for high levels of radium and barium in Illinois: a preliminary report.* Illinois: UNIVERSITY OF ILLINOIS, 1978a. p. 21 (Water Resources Center Research Report, n°135).
- GILKERSON, R. H.; PERRY, E. C. Jr.; CARTWRIGHT, K. *Isotopic and geologic studies to identify the sources of sulfate in groundwater containing high barium concentration.* Illinois: UNIVERSITY OF ILLINOIS, 1978b. p.42.
- HEM, J.D. *Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water.* Third Edition. US Geological Survey Water-Supply Paper 2254, 1985. p. 272.

- IRITANI, M. A.; EZAKI, S. *As águas do Estado de São Paulo*. São Paulo: SMA, 2008. 104 p.
- KOLJONEN, T. (Ed) *et al. The geochemical atlas of Finland*. Helsinque: Geol. Survey of Finland, 218 p, 1992.
- LAGAS, P.; LOCH, J.P.G.; BORN, C.M. The behavior of barium in a landfill and the underlying soil. *Water, Air, Soil Pollut*, v. 22, p.121–129, 1984.
- MARANDI, A.; KARRO, E.; PUURA, E. Barium anomaly in the Cambrian-Vendian aquifer system in North Estonia. *Environmental Geology*, V.47, p. 132-139, 2004.
- MINEROPAR. *Atlas geoquímico do Estado do Paraná*. Curitiba: Minerais do Paraná S.A., 2001. 80 p.
- MOKRIK, R.; KARRO, E.; SAVITSKAJA, L.; DREVALIENE, G. The origin of barium in the Cambrian-Vendian aquifer system, North Estonia. *Estonian Journal of Earth Sciences*, v.53, n. 3, p. 193-208, 2009.
- MOORE & STAUBITZ. *Distribution and source of Barium in groundwater at Cattaraugus Indian reservation, southwestern NY*. New York: U.S Geological Survey, 1984. 21p. (Water-Resources Investigations Report 84-4129).
- REIMANN, C. & CARITAT, P. *Chemical Elements in the Environment: Factsheets for the Geochemist and Environmental Scientist*. Springer Verlag, 1998. 398 p.
- ROCHA, G.A.; BERTACHINI, A.C.; CAMPOS, H.C.N.S.; CAIXETA, J.B. *Tentativa de Zoneamento das Características Hidráulicas e Hidrogeoquímicas do Aquífero Bauru*. In: SBG & ABAS. Encontro de Geologia e Hidrogeologia, 1982. São Paulo.
- SHAND, P. & EDMUNDS, W. M. The Baseline Inorganic Chemistry of European Groundwaters. In: SHAND, P. & EDMUNDS, W. M. (Eds.) *Natural groundwater quality*. Oxford: Blackwell Publishing, 2008. p. 21-58.
- SILVA, E. B., MELO, L. C. A., ALLEONI, L. R. F. *Adsorção de cádmio e de bário em solos com atributos contrastantes*. Simpósio Internacional de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo - SIICUSP (16: 2008: São Paulo: Ribeirão Preto: Piracicaba, SP) In: Resumos - Agropecuária São Paulo : USP, 2008, 1 CD-ROM.
- SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B.; FÚLFARO, V.J.; SOBREIRO NETO, A.F. *Ensaio de Caracterização Estratigráfica do Cretáceo no Estado de São Paulo*. Revista Brasileira de Geociências, v.10, p.177, 1980.
- UNDERWOOD, E. C.; FERGUSON, G. A.; BETCHER, R. PHIPPS, G. Elevated Ba concentration in a sandstone aquifer. *Journal of Hydrogeology*, v. 376, p. 126-131, 2009.
- WHO. Guidelines for drinking-water quality. 2nd edn., Vol. 2: Health criteria and other supporting information. World Health Organization, Geneva. 1996.

WINTER, M. *WebElements*. Disponível na Internet. <<http://www.shef.ac.uk/chem/web-elements>>. Univ. Sheffield. 1998.

Anexo 1 - Amostras representativas dos poços selecionados e seus principais parâmetros químicos.

Município	Amostra	Data	Aquifero	pH U <sub>p</sub> H	Alc. Tot. mg/l CacO3	Ba mg/l	K mg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	HCO3 mg/l	CO3 mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	NO3 mg/l	E.N. %
AGUDOS	160_12	09/01/08	Guarani	6,0	69	0,010	1,62	13,80	12,60	2,02	84,2	0,0	0,2	<2,00	<0,10	0,84
ALFREDO MARCONDES	2_15	09/01/08	Bauru (K2sa e K2vp)	9,8	117	0,005	0,16	52,20	0,71	<0,02	68,3	73,2	0,6	<2,00	<0,10	-2,16
ÁLVARES MACHADO	158_11	09/01/08	Bauru (K2sa)	9,7	125	0,007	0,16	54,20	0,87	0,03	79,3	72,0	0,9	<2,00	<0,10	-3,51
AMERICANA	176_10	03/01/08	Tubarão	7,3	81	0,040	0,51	22,70	10,40	<0,10	98,5	0,0	0,9	<1,00	<0,20	-4,31
AMÉRICO BRASILENSE	5_15	03/01/08	Serra Geral	7,2	80	0,050	2,90	9,30	18,00	3,80	97,6	0,0	7,0	2,54	2,19	-6,07
AMPARO	152_17	09/01/08	Cristalino	8,6	143	0,004	2,00	71,70	9,67	0,93	174,2	0,0	14,0	30,00	<0,20	-9,51
ANDRADINA	6_16	09/01/07	Bauru (K2sa)	7,9	126	0,470	5,84	6,42	56,10	18,20	153,7	0,0	37,0	<10,00	20,00	7,17
APARECIDA D'OESTE	7_15	09/01/08	Bauru (K2sa)	6,0	90	0,030	2,46	10,40	16,00	2,94	109,8	0,0	2,0	<1,00	<0,20	-9,29
ARAÇÓIABA DA SERRA	8_3	10/01/05	Cristalino	7,1	84	0,080	1,74	8,71	17,00	5,13	102,5	0,0	0,9	<10,00	<0,20	-6,97
ARARAQUARA	205_5	09/01/08	Guarani	6,9	49	0,008	3,70	1,01	13,20	1,20	59,8	0,0	<0,02	<1,00	<0,20	-6,00
AVAI	10_13	03/01/07	Bauru (K2m e K2vp)	5,5	4	0,280	5,52	1,40	2,22	1,96	4,9	0,0	2,1	<10,00	5,95	3,59
AVARÉ	11_16	10/01/08	Guarani	7,2	132	0,002	1,17	8,77	27,10	4,85	160,9	0,0	<0,50	<1,00	<0,20	-10,50
BATATAIS	12_16	09/01/08	Guarani	5,5	21	0,110	5,29	1,33	2,61	1,00	25,6	0,0	<1,20	<1,00	<0,20	-8,13
BAURU	13_16	09/01/08	Guarani	6,5	57	0,010	0,97	24,70	3,58	0,17	69,5	0,0	0,2	<2,00	<0,10	4,49
BILAC	14_16	09/01/08	Bauru (K2vp)	7,0	60	0,130	3,68	6,99	17,90	4,00	73,2	0,0	2,3	<2,00	<0,10	10,81
BORACÉIA	15_14	09/01/07	Serra Geral	6,5	90	<5,0e-03	1,33	32,30	11,20	0,71	109,8	0,0	0,8	<10,00	<0,30	0,57
BOTUCATU	16_13	04/01/08	Guarani	5,8	35	0,040	5,00	6,48	7,04	2,21	42,7	0,0	13,3	<1,00	5,03	-10,94
BRODOWSKI	18_14	03/01/08	Guarani	6,3	44	0,110	8,10	3,70	5,40	1,50	53,7	0,0	<1,20	<1,00	<0,20	-10,16
BURITIZAL	19_17	09/01/08	Guarani	5,5	81	0,002	3,61	7,57	20,30	2,67	98,8	0,0	<1,20	<1,00	<0,20	-0,69
CAÇAPAVA	21_15	04/01/08	Taubaté	6,9	68	0,060	3,29	12,10	17,30	<0,02	83,0	0,0	<0,15			3,80
CAIABU	22_16	09/01/08	Bauru (K2vp)	7,5	94	0,040	0,65	35,60	6,17	0,76	81,7	32,4	0,6	<2,00	0,12	-0,26
CAJAMAR	209_4	10/01/08	Cristalino (NP3sr)	7,6	150	0,050	0,84		43,40	8,25	183,0	0,0	11,5	7,47	4,02	-10,57
CAJOBI	23_13	09/01/08	Bauru (K2vp)	6,0	109	0,110	3,04	5,80	28,30	7,31	133,0	0,0	5,0	<1,00	2,57	-0,67
CÂNDIDO RODRIGUES	24_16	09/01/08	Bauru (K2vp)	6,0	119	0,060	0,75	19,50	11,30	7,35	145,2	0,0	<1,20	<1,00	<0,20	-8,01
CAPELA DO ALTO	25_14	10/01/07	Tubarão	7,3	131	0,060	2,23	20,20	27,90	4,63	159,8	0,0	0,9	<10,00	<0,20	-2,57
CATIGUÁ	31_16	09/01/08	Bauru (K2vp)	6,0	99	0,100	2,68	6,76	31,00	6,66	120,8	0,0	6,0	<1,00	3,04	5,50
CESÁRIO LANGE	27_14	04/01/08	Tubarão	8,9	365	0,020	0,63	231,00	1,83	0,40	353,8	89,2	16,2	121,00	<0,20	1,21
CLEMENTINA	28_14	09/01/07	Bauru (K2vp)	7,6	70	0,190	5,51	7,09	25,70	6,30	85,4	0,0	4,6	<10,00	7,89	9,45
COLÔMBIA	29_16	09/01/08	Serra Geral	7,0	67	0,060	2,61	3,98	13,60	3,85	81,7	0,0	1,5	<1,00	0,76	-5,68
COTIA	171_10	11/01/07	Cristalino	6,5	81	0,030	9,02	20,00	21,10	1,09	98,7	0,0	1,7	22,90	<0,20	1,44
CRAVINHOS	30_15	09/01/08	Guarani	6,3	21	0,080	3,20	1,24	2,71	1,47	25,6	0,0	<1,20	<1,00	<0,20	-9,79
DIRCE REIS	26_20	09/01/08	Bauru (K2sa e K2vp)	6,0	147	0,160	4,17	12,40	20,80	14,00	179,3	0,0	2,0	<1,00	1,22	-3,44
DOIS CÓRREGOS	32_16	09/01/08	Guarani	5,5	45	0,030	4,75	1,42	12,70	1,64	54,9	0,0	0,4	<2,00	0,11	-0,01
DOURADO	33_15	10/01/08	Serra Geral	7,2	52	0,020	1,29	3,06	12,40	3,31	63,4	0,0	4,0	<1,00	0,78	-5,72

Anexo 1 - Amostras representativas dos poços selecionados e seus principais parâmetros químicos.

Município	Amostra	Data	Aquífero	pH U <sub>p</sub> H	Alc. Tot. mg/l CaCO <sub>3</sub>	Ba mg/l	K mg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	HCO <sub>3</sub> mg/l	CO <sub>3</sub> mg/l	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	NO <sub>3</sub> mg/l	E.A. %
DRACENA	34_16	09/01/08	Bauru (K2sa e K2vp)	5,4	96	0,220	4,00	5,59	26,70	5,53	117,1	0,0	0,7	<2,00	0,24	3,28
DUMONT	35_16	09/01/08	Guarani	7,0	94	0,050	4,13	2,21	29,60	3,47	114,7	0,0	<1,20	<1,00	<0,20	0,68
ELIAS FAUSTO	36_16	09/01/08	Tubarão	7,7	144	0,120	2,00	21,30	32,90	6,11	176,0	0,0	<0,50	3,00	<0,20	2,50
EMBU	180_9	11/01/07	Cristalino	5,3	7	0,060	2,00	5,79	4,25	1,25	8,8	0,0	9,6	<10,00	0,72	-1,34
EMBU-GUAÇU	184_6	11/01/07	Cristalino	5,7	11	0,010	1,91	3,68	2,02	1,54	13,7	0,0	3,0	<10,00	0,86	-9,76
ESTRELA DO NORTE	37_15	09/01/08	Bauru (K2vp)	7,0	81	0,060	2,47	10,90	19,60	2,97	98,8	0,0	2,8	<2,00	0,44	-0,29
FERNANDO PRESTES	38_7	09/01/08	Bauru (K2vp)	6,0	70	0,100	3,80	8,55	13,10	3,32	85,4	0,0	1,5	<1,00	1,79	-3,14
FLOREAL	39_13	09/01/08	Bauru (K2vp)	6,0	138	0,180	3,51	6,79	28,30	11,30	168,4	0,0	2,0	<1,00	0,66	-2,02
FLÓRIDA PAULISTA	40_14	09/01/07	Bauru (K2vp)	7,7	134	0,190	2,50	20,00	37,90	6,40	163,5	0,0	9,7	<10,00	4,38	1,81
GÁLIA	41_19	09/01/08	Bauru (K2m e K2vp)	8,1	117	0,800	2,48	17,00	19,20	7,62	142,7	0,0	0,4	<2,00	0,12	0,35
GENERAL SALGADO	42_15	03/01/08	Bauru (K2vp)	6,0	40	0,040	3,30	14,00	3,60	0,76	48,8	0,0	4,0	<1,00	1,92	-1,60
GUARÁ	43_15	03/01/08	Guarani	7,5	156	0,002	1,60	67,00	1,80	0,19	190,3	0,0	2,0	1,89	<0,20	-2,60
GUARAÇAI	44_15	09/01/08	Bauru (K2sa e K2vp)	7,5	82	0,120	4,00	4,04	22,50	5,40	100,0	0,0	0,7	<2,00	0,20	4,00
GUARIBA	45_16	09/01/08	Guarani	8,0	90	0,008	2,81	5,27	22,50	2,56	109,8	0,0	<1,20	<1,00	<0,20	-6,37
GUARULHOS 169	169_8	11/01/07	São Paulo	7,5	62	0,080	4,97	13,70	8,06	2,30	76,1	0,0	<0,50	<10,00	<0,20	-6,00
GUARULHOS 170	170_12	11/01/07	São Paulo	7,0	61	0,190	5,70	11,60	7,73	2,57	74,0	0,0	0,9	<10,00	<0,20	-7,39
GUZOLÂNDIA	46_16	09/01/08	Bauru (K2vp)	6,0	88	0,110	3,09	19,60	11,50	4,21	107,4	0,0	6,0	<1,00	2,03	-3,36
IBATÉ	48_14	09/01/07	Guarani	6,5	0	0,100	3,47	0,54	1,17	1,28	0,0	0,0	<1,20	<10,00	<0,20	5,04
INDIANA	50_11	09/01/08	Bauru (K2sa e K2vp)	8,0	73	0,110	2,58	10,30	15,20	3,10	89,1	0,0	0,6	<2,00	0,27	0,43
INDIAPORÁ	51_16	09/01/08	Bauru (K2vp)	6,0	123	0,030	3,52	4,25	29,70	9,12	150,1	0,0	<1,20	<1,00	1,47	-0,50
INÚBIA PAULISTA	52_17	03/01/08	Bauru (K2sa e K2vp)	7,2	102	0,550	6,30	7,40	43,00	7,00	124,4	0,0	18,0	<2,00	8,99	8,01
IPERÓ	151_11	04/01/08	Tubarão	7,8	175	0,200	1,30	49,10	18,30	3,50	213,2	0,0	1,8	10,50	<0,20	-5,42
IRAPURU	54_16	09/01/08	Bauru (K2sa)	7,6	154	0,400	3,82	7,59	34,30	14,20	187,9	0,0	0,6	<2,00	0,28	2,39
ITAPETINGA	55_15	10/01/07	Tubarão	6,8	65	0,070	2,94	13,90	12,60	2,33	79,3	0,0	<0,50	<10,00	<0,20	-0,82
ITAPIRA	56_15	09/01/08	Cristalino	6,6	131	0,040	1,52	12,40	35,90	9,61	159,8	0,0	3,5	10,50	<0,20	3,63
ITIRAPINA 57	57_14	10/01/08	Guarani	7,0	0	0,050	1,21	0,63	0,16	0,25	0,0	0,0	2,5	<1,00	0,44	-5,66
ITIRAPINA 58	58_14	10/01/08	Guarani	7,0	0	0,070	1,90	0,44	<0,05	<0,02	0,0	0,0	<1,20	<1,00	<0,20	10,08
JALES	59_15	09/01/08	Bauru (K2sa e K2vp)	6,0	77	0,120	2,36	16,90	14,90	4,06	93,9	0,0	7,2	<1,00	5,98	0,25
JAMBEIRO	60_14	04/01/07	Cristalino	6,9	66	<0,10	3,52	5,20	11,70	6,30	80,5	0,0	3,8	<10,00	0,30	-7,53
JARDINÓPOLIS	61_15	09/01/08	Guarani	6,6	50	0,020	7,63	3,20	9,08	2,11	61,0	0,0	<1,20	<1,00	<0,20	-4,85
JARINU	62_16	09/01/08	Cristalino	7,3	108	0,010	2,00	14,80	30,00	1,47	131,2	0,0	2,0	17,00	0,22	-5,75
LIMEIRA 153	153_12	09/01/08	Tubarão	6,7	124	0,008	0,31	78,70	3,67	<0,10	116,7	33,9	11,8	40,80	<0,20	-0,88
LIMEIRA 177	177_12	09/01/08	Tubarão	6,7	58	0,007	2,56	14,50	9,56	3,43	71,0	0,0	<0,50	2,46	<0,20	7,19
LINDÓIA	181_9	10/01/08	Cristalino	7,7	108	<1.0e-03	2,52	13,20	23,60	3,82	131,8	0,0	1,5	3,92	<0,20	-3,55
LUÍS ANTÔNIO	63_14	09/01/07	Guarani	5,3	0	0,020	0,63	1,10	1,97	0,80	0,0	0,0	<1,20	<10,00	<0,20	-4,65

Anexo 1 - Amostras representativas dos poços selecionados e seus principais parâmetros químicos.

Município	Amostra	Data	Aquifero	pH U.pH	Alc. Tot. mg/l CacO3	Ba mg/l	K mg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	HCO3 mg/l	CO3 mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	NO3 mg/l	EA. %
MACATUBA	64_15	03/01/08	Guarani	6,0	89	0,003	1,90	16,00	19,00	4,40	108,6	0,0	0,4	<2,00	<0,30	5,54
MACEDÔNIA	65_16	10/01/08	Bauru (K2vp)	6,0	98	0,190	3,02	5,02	21,10	5,18	119,6	0,0	2,0	<0,01	0,99	-6,57
MARIÁPOLIS	66_16	09/01/08	Bauru (K2sa)	9,3	110	0,040	0,22	53,00	5,24	0,44	106,1	27,6	6,0	11,80	1,49	-0,55
MARILIA 206	206_4	03/01/08	Guarani	10,3	209	0,004	0,64	97,00	0,39	<0,02	32,9	218,4	1,8	3,20	<0,30	-0,74
MARILIA 207	207_5	09/01/08	Guarani	6,9	58	0,150	2,31	0,46	16,00	4,60	70,8	0,0	0,2	<2,00	0,29	2,04
MARINÓPOLIS	67_13	03/01/07	Bauru (K2vp)	6,0	115	0,120	1,90	23,00	19,00	6,82	140,3	0,0	2,5	<10,00	2,23	-1,42
MATÃO	68_17	09/01/08	Guarani	9,0	111	0,070	4,56	2,33	41,30	4,23	135,4	0,0	3,5	<1,00	1,66	5,24
MIRASSOL	69_13	03/01/07	Bauru (K2vp)	6,5	72	0,070	2,37	5,77	16,90	5,56	87,8	0,0	2,5	<10,00	2,23	-4,38
MOGI DAS CRUZES	173_4	03/01/05	Cristalino	7,4	87	0,150	3,24	33,20	3,84	1,21	106,1	0,0	2,2	<10,00	<0,20	-5,96
MOGI GUAÇU	70_19	09/01/08	Tubarão	5,1	47	0,040	1,25	9,93	9,71	1,95	57,3	0,0	1,5	<1,00	0,26	3,62
MOMBUCA	71_16	09/01/08	Tubarão	9,2	144	0,020	0,20	61,20	1,15	<0,02	86,9	87,4	0,6	13,00	<0,20	-7,69
MONTE ALTO	72_16	09/01/08	Bauru (K2vp)	8,1	118	0,100	1,71	10,80	17,50	9,89	144,0	0,0	<1,20	<1,00	<0,20	-3,46
MONTE CASTELO	73_16	09/01/08	Bauru (K2sa)	7,3	110	0,170	5,14	5,48	40,10	7,45	134,2	0,0	5,4	<2,00	4,85	9,49
MONTE MOR	74_15	09/01/08	Tubarão	8,9	167	0,008	0,30	86,00	1,16	<0,02	171,9	31,5	6,0	20,00	<0,20	-1,89
MORRO AGUDO	75_14	10/01/07	Serra Geral	6,8	62	<5,0e-03	0,30	11,90	12,20	1,35	75,6	0,0	<1,20	<10,00	<0,20	-8,97
MURITINGA DO SUL	76_20	09/01/08	Bauru (K2sa e K2vp)	7,0	48	0,500	6,92	4,75	19,90	8,72	58,6	0,0	17,0	<2,00	6,59	14,02
NOVA CANAÃ PAULISTA	77_16	09/01/08	Bauru (K2sa)	6,0	192	0,180	4,60	5,07	36,20	17,40	234,2	0,0	1,5	<1,00	0,26	-4,54
NOVA GRANADA NOVA INDEPENDÊNCIA	78_13	09/01/08	Bauru (K2vp)	6,0	51	0,180	4,28	2,57	12,50	5,32	62,2	0,0	1,5	<1,00	3,97	5,51
NOVA LUZITÂNIA	79_14	09/01/07	Bauru (K2sa)	7,9	81	0,200	3,44	3,90	26,50	6,25	98,8	0,0	3,1	<10,00	6,41	1,89
ORIENTE	81_16	09/01/08	Bauru (K2vp)	7,0	126	0,040	2,38	13,80	27,80	7,55	153,7	0,0	0,4	<2,00	<0,10	2,02
ORLÂNDIA	85_19	09/01/08	Bauru (K2m e K2vp)	7,6	140	0,550	2,31	8,34	35,70	8,38	170,8	0,0	1,9	<2,00	1,51	-0,10
PALMARES PAULISTA	86_16	09/01/08	Guarani	8,2	77	0,005	3,76	3,12	19,90	1,96	93,9	0,0	<1,20	<1,00	<0,20	-7,11
PANORAMA	87_16	09/01/08	Bauru (K2vp)	6,0	103	0,030	1,31	18,80	21,40	2,56	125,7	0,0	3,5	<1,00	2,68	-1,62
PARAPUÁ	88_16	09/01/08	Bauru (K2sa)	5,3	60	0,210	5,25	8,05	16,40	3,47	73,2	0,0	4,2	<2,00	2,93	6,22
PAULÍNIA	90_21	09/01/09	Bauru (K2vp)	5,8	8	0,450	7,70	3,53	10,20	5,38	10,2	0,0	7,7	0,03	45,11	8,32
PEDERNEIRAS 92	199_13	04/01/08	Tubarão	4,5	0	0,003	0,20	1,14	0,10	0,04	0,0	0,0	0,9	<2,00	<0,20	-4,18
PEDERNEIRAS 93	92_16	09/01/08	Guarani	6,0	62	0,030	2,66	2,81	18,90	2,41	75,6	0,0	0,6	<2,00	0,12	1,36
PEDRA BELA	93_16	09/01/08	Serra Geral	6,0	70	0,008	1,34	18,70	12,00	1,52	85,4	0,0	1,5	<2,00	0,56	2,66
PEDRANÓPOLIS	94_15	04/01/08	Cristalino	6,1	46	0,080	3,00	5,10	11,00	2,00	56,2	0,0	2,0	<2,00	0,22	-0,77
PEDREGULHO	95_13	09/01/08	Bauru (K2vp)	6,0	37	0,190	4,53	5,11	6,30	4,12	45,1	0,0	1,5	<1,00	4,15	6,60
PIACATU	96_15	03/01/08	Guarani	5,5	20	0,070	6,20	0,92	2,20	1,00	24,4	0,0	<1,20	<1,00	0,53	-8,37
PIEDADE 98	97_16	09/01/08	Bauru (K2sa e K2vp)	7,0	39	0,100	3,61	8,49	9,98	2,84	47,6	0,0	4,9	<2,00	<0,10	10,70
PIEDADE 99	98_14	10/01/07	Cristalino	6,7	75	0,005	1,70	3,58	14,30	9,39	91,5	0,0	3,4	<10,00	1,08	-4,08
	99_14	10/01/07	Cristalino	7,1	115	0,070	1,37	14,90	29,70	4,60	140,3	0,0	3,4	<10,00	0,32	-1,87

Anexo 1 - Amostras representativas dos poços selecionados e seus principais parâmetros químicos.

Município	Amostra	Data	Aquífero	pH U.pH	Alc. Tot. mg/l CaCO3	Ba mg/l	K mg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	HCO3 mg/l	CO3 mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	NO3 mg/l	E.A. %
PIRAPOZINHO	100_16	09/01/08	Bauru (K2vp)	7,0	107	0,140	3,08	30,40	21,70	3,42	130,5	0,0	12,0	2,30	2,56	3,80
PITANGUEIRAS	101_14	10/01/07	Serra Geral	5,5	0	0,020	0,33	1,71	2,35	0,94	0,0	0,0	<1,20	<10,00	0,67	3,63
POÁ	178_4	03/01/05	Cristalino	7,3	69	<5,0e-03	1,46	17,60	14,90	0,40	84,2	0,0	2,5	<10,00	<0,20	-3,02
POMPÉIA 102	102_9	09/01/03	Bauru (K2m e K2vp)	7,5	145	0,400	2,84	2,03	68,80	10,10	176,9	0,0	15,5	<10,00	9,19	9,04
POMPÉIA 203	203_5	09/01/08	Bauru (K2vp)	7,2	231	0,410	3,29	3,44	82,60	11,20	281,8	0,0	3,2	<2,00	3,97	4,73
POMPÉIA 211	211_6	09/01/08	Bauru (K2m e K2vp)	7,4	210	0,760	2,54	3,59	56,40	19,50	256,2	0,0	5,2	<2,00	2,48	2,67
POTIRENDABA	103_15	09/01/08	Bauru (K2vp)	6,0	79	0,050	2,33	24,00	7,29	1,81	96,4	0,0	2,0	5,42	1,88	-4,66
PRESIDENTE ALVES	104_15	03/01/08	Bauru (K2vp)	5,5	26	0,180	4,60	1,60	9,40	1,80	31,7	0,0	1,5	<2,00	3,33	10,11
PRESIDENTE VENCESLAU	106_16	09/01/08	Bauru (K2sa)	7,0	90	0,240	3,43	6,22	19,80	5,19	109,8	0,0	0,8	<2,00	0,20	-2,60
QUATÁ	107_16	09/01/08	Bauru (K2sa e K2vp)	5,9	82	0,260	3,26	2,48	25,60	4,85	100,0	0,0	3,2	<2,00	2,26	1,82
RANCHARIA	108_15	09/01/08	Bauru (K2sa)	6,0	20	0,100	2,63	0,41	5,35	1,12	24,4	0,0	0,2	<2,00	0,13	-0,12
REDENÇÃO DA SERRA	109_10	09/01/04	Cristalino	6,9	100	<0,10	6,40	8,60	24,30	3,20	122,0	0,0	2,9	<10,00	0,21	-6,65
REGENTE FEIJÓ 110	110_6	09/01/03	Bauru (K2sa)	7,7	74	0,300	3,07	4,65	20,10	5,01	90,3	0,0	0,5	<10,00	0,53	-0,42
REGENTE FEIJÓ 188	188_7	09/01/08	Serra Geral	7,5	84	0,140	1,83	14,60	15,30	2,98	102,5	0,0	0,2	<2,00	<0,10	-0,72
RIBEIRÃO BONITO	111_7	09/01/02	Guarani	5,6	12	0,710	6,97		3,20	3,90	14,6	0,0	6,5	<10,00	6,19	-4,56
RIBEIRÃO PRETO	114_15	09/01/08	Guarani	6,0	24	0,040	3,14	0,99	5,02	1,10	29,3	0,0	<1,20	<1,00	<0,20	-7,55
RINCÃO	115_16	09/01/08	Guarani	6,2	38	0,020	2,15	1,75	9,12	2,53	46,4	0,0	6,0	<1,00	0,29	-9,26
RIO GRANDE DA SERRA	192_8	10/01/08	Cristalino	5,1	0	0,020	0,64		0,90	0,98	0,0	0,0	3,6	<1,00	1,23	-0,28
ROSEIRA 116	116_5	09/01/01	Cristalino (NP3sr)	6,9	125	0,530	4,56	5,00	35,50	5,57	152,5	0,0	1,3	<10,00	0,05	-2,48
ROSEIRA 201	201_5	01/04/08	Taubaté	7,7	101	0,500	4,76	7,54	34,90	6,35	123,2	0,0	0,7	1,22	<0,20	14,70
SAGRES	117_15	03/01/08	Bauru (K2vp)	7,1	77	0,140	4,60	6,70	20,00	5,90	93,9	0,0	7,5	<2,00	2,07	1,91
SALES OLIVEIRA 118	118_16	09/01/08	Guarani	8,1	92	0,020	4,81	4,75	25,30	2,68	112,2	0,0	<1,20	<1,00	<0,20	-2,28
SALES OLIVEIRA 119	119_16	09/01/08	Serra Geral	6,8	57	0,002	1,65	4,55	12,10	3,12	69,5	0,0	1,5	<1,00	0,30	-4,68
SALMOURÃO	156_11	03/01/08	Serra Geral	10,1	110	0,004	0,18	46,00	0,54	<0,02	30,5	102,0	1,0	<2,00	<0,30	-5,86
SANTA CRUZ DA ESPERANÇA	121_16	09/01/08	Guarani	8,4	110	0,002	0,62	40,30	4,30	0,03	134,2	0,0	<1,20	<1,00	<0,20	-6,91
SANTA LÚCIA	122_14	09/01/08	Guarani	6,2	58	0,010	3,46	2,61	11,10	4,18	70,8	0,0	2,0	<1,00	<0,20	0,34
SANTA MERCEDES	123_16	09/01/08	Bauru (K2vp)	6,8	30	0,390	5,21	5,32	5,31	5,59	36,6	0,0	5,0	<2,00	4,52	12,35
SANTANA DO PARNAÍBA 166	166_5	04/01/05	Cristalino	7,4	154	0,030	1,06	5,25	37,50	16,90	187,9	0,0	5,7	11,80	<0,20	-0,81
SANTANA DO PARNAÍBA 167	167_7	10/01/06	Cristalino	7,3	76	0,009	2,30	23,40	8,74	2,90	92,7	0,0	6,0	<10,00	<0,20	-5,35

Anexo 1 - Amostras representativas dos poços selecionados e seus principais parâmetros químicos.

Município	Amostra	Data	Aquífero	pH U.pH	Alc. Tot. mg/l CaCO3	Ba mg/l	K mg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	HCO3 mg/l	CO3 mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	NO3 mg/l	E.A. %
SÃO BERNARDO DO CAMPO	190_5	11/01/07	Cristalino	4,9	5	0,040	4,70	36,00	8,40	2,16	6,5	0,0	51,4	<10,00	10,30	8,31
SÃO JOÃO DAS DUAS PONTES	125_16	09/01/08	Bauru (K2vp)	6,0	75	0,060	1,47	22,10	6,31	1,81	91,5	0,0	2,5	<1,00	0,93	-4,68
SÃO JOAQUIM DA BARRA	126_16	09/01/08	Guarani	6,0	78	0,001	3,74	10,30	15,60	3,37	95,2	0,0	<1,20	<1,00	<0,20	-0,60
SÃO JOSÉ DO RIO PRETO 127	127_10	09/01/05	Bauru (K2vp)	7,0	132	0,220	3,40	5,52	29,00	11,60	161,0	0,0	1,7	<10,00	0,61	-3,34
SÃO JOSÉ DO RIO PRETO 202	202_2	09/01/06	Guarani	9,0	158	0,009	0,55	81,80	1,89	0,29	136,6	55,2	7,6	<10,00	<0,20	1,31
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS 128	128_17	04/01/08	Taubaté	7,1	61	0,030	3,24	15,60	7,26	<0,02	74,4	0,0	0,2	1,01	<0,20	-5,32
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS 129	129_11	09/01/04	Taubaté	6,5	44	<0,10	5,16	11,70	4,20	0,92	53,7	0,0	0,8	<10,00	<0,01	-9,42
SÃO MANUEL	159_11	03/01/08	Guarani	7,5	73	0,003	2,90	4,00	25,00	2,10	86,6	2,4	0,2	<2,00	<0,30	4,80
SÃO MIGUEL ARCANJO 131	131_17	10/01/08	Cristalino	6,1	15	0,010	0,69	3,91	3,32	1,86	18,8	0,0	3,6	<1,00	0,45	7,27
SÃO MIGUEL ARCANJO 132	132_16	10/01/07	Tubarão	6,5	35	0,070	3,29	9,92	2,71	0,96	42,7	0,0	<0,50	<10,00	<0,20	-11,79
SÃO PAULO 161	161_6	10/01/05	Cristalino (NP3sr)	6,9	63	0,210	2,62	2,32	14,30	10,70	76,9	0,0	8,0	<10,00	3,96	0,17
SÃO PAULO 162	162_10	11/01/07	Cristalino	8,5	144	<5,0e-03	1,12	81,80	5,81	<0,10	168,5	6,8	27,3	12,30	<0,20	-1,72
SÃO PAULO 164	164_9	04/01/07	Cristalino	5,5	21	0,270	4,38	8,13	8,44	1,90	25,6	0,0	4,7	<10,00	7,35	8,43
SÃO PAULO 165	165_5	04/01/05	Cristalino	7,8	91	0,050	3,00	2,16	25,10	13,50	111,0	0,0	19,4	<10,00	<0,20	0,36
SÃO PAULO 183	183_6	11/01/07	Cristalino	7,2	47	<5,0e-03	2,71	8,95	9,54	2,42	57,3	0,0	2,4	<10,00	<0,20	-3,49
SÃO ROQUE 154	154_6	04/01/06	Cristalino	6,0	23	0,050	2,67	8,08	2,80	0,95	28,1	0,0	1,2	<10,00	0,28	-5,50
SÃO ROQUE 155	155_9	11/01/07	Cristalino	7,3	123	0,020	1,89	12,50	33,30	4,22	149,9	0,0	2,2	<10,00	0,27	-2,83
SARAPUÍ	135_17	04/01/08	Tubarão	7,0	104	0,070	1,75	25,50	15,70	2,11	127,3	0,0	0,7	2,82	0,20	-1,12
SARUTAÍÁ	136_13	04/01/07	Guarani	6,2	61	0,008	2,98	5,08	26,90	1,09	74,4	0,0	<0,50	<10,00	<0,20	8,69
SERRA AZUL	137_12	09/01/06	Serra Geral	5,9	0	0,020	2,68	2,39	2,20	0,83	0,0	0,0	<1,20	12,00	0,48	8,30
SERRANA	138_16	09/01/08	Guarani	6,2	20	0,090	1,97	2,73	5,25	1,47	24,4	0,0	2,0	<1,00	1,52	4,79
SERTÃOZINHO	139_15	09/01/08	Guarani	6,8	68	0,020	3,22	2,33	18,50	2,50	83,0	0,0	<1,20	<1,00	<0,20	-3,89
SUD MENUCCI	141_16	09/01/08	Bauru (K2sa)	7,0	84	0,130	2,73	10,30	16,50	5,59	102,5	0,0	1,1	<2,00	0,53	1,04
TABAPUÁ	83_11	03/01/06	Bauru (K2vp)	7,0	86	0,080	3,50	7,55	18,50	6,89	104,9	0,0	1,6	<10,00	1,62	-2,79
TAQUARITINGA	204_9	09/01/08	Guarani	6,9	94	0,003	2,53	5,81	23,30	4,18	114,7	0,0	1,0	<1,00	<0,20	-2,80
TATUÍ	143_14	04/01/08	Tubarão	8,7	190	0,010	0,26	83,80	1,19	0,10	185,8	44,7	1,0	8,70	<0,20	-3,66
TEODORO SAMPAIO	144_16	09/01/08	Bauru (K2sa)	7,0	7	0,080	2,51	1,04	1,09	0,75	8,5	0,0	0,9	<2,00	0,83	-6,53
TUIUTI	145_16	09/01/08	Cristalino	7,6	94	0,009	2,00	10,60	29,80	0,57	114,9	0,0	0,5	25,00	0,32	-8,87
TUPÁ	146_18	09/01/07	Bauru (K2m e K2vp)	6,1	34	0,360	4,71	2,23	14,30	3,92	41,5	0,0	6,4	<10,00	7,89	2,64
UCHOA	147_16	09/01/08	Bauru (K2vp)	6,0	98	0,120	3,16	4,92	28,70	5,16	119,6	0,0	1,5	<1,00	3,67	1,77
VALINHOS	148_12	09/01/06	Cristalino	6,3	44	0,140	1,61	5,19	12,90	3,22	53,7	0,0	16,0	3,00	1,40	-8,25
VALPARAÍSO	149_20	09/01/08	Bauru (K2sa e K2vp)	7,0	133	0,300	5,32	10,70	42,50	10,40	162,3	0,0	7,8	<2,00	4,58	9,12

Anexo 2 - Amostras representativas dos poços selecionados e seus principais parâmetros construtivos e produtivos

Município	Amostra	Data	Aquifero	Cota m	Prof Poco m	NE m	ND m	Q m3/s	Qesp m3/s	Topofil m	Basefil m	Prof Bomba m	Essess Aquifero m	Essess -ND m
AGUDOS	160_12	09/01/08	Guarani	580	348	71	85	75		189	347	96		
ALFREDO MARCONDES	2_15	09/01/08	Bauru (K2sa e K2vp)	420	210	52	67	28	2	84	192	210	140	125
ÁLVARES MACHADO	158_11	09/01/08	Bauru (K2sa)	415	410	79		50	1	70	252	168	181	260
AMERICANA	176_10	03/01/08	Tubarão		100	0								
AMÉRICO BRASILIENSE	5_15	03/01/08	Serra Geral	675	120	0	33	80	2			120		
AMPARO	152_17	09/01/08	Cristalino		121	19	62	4				121		
ANDRADINA	6_16	09/01/07	Bauru (K2sa)	360	105	26	58	88	3	54	102	105	79	47
APARECIDA D'OESTE	7_15	09/01/08	Bauru (K2sa)	340	116	0	74	32	0	49	110	116	110	36
ARAÇOIABA DA SERRA	8_3	10/01/05	Cristalino	560	200	1	34	7	0			200		
ARARAQUARA	205_5	09/01/08	Guarani	610	390.5	91	159	300	3	187	369	390		
AVAÍ	10_13	03/01/07	Bauru (K2m e K2vp)	550	62	28	46	13	1	20	52	62	34	16
AVARÉ	11_16	10/01/08	Guarani	775	426	172	196	85	4	381	419	426		
BATAÍSAIS	12_16	09/01/08	Guarani	700	266	88	110	100	9	148	260	266		
BAURU	13_16	09/01/08	Guarani	456	310	59	0	0	0			310		
BILAC	14_16	09/01/08	Bauru (K2vp)	463	126	22	89	21	0	26	122	126	103	36
BORACÉIA	15_14	09/01/07	Serra Geral	480	200	0	89	3	0			200		
BOTUCATU	16_13	04/01/08	Guarani	565	117	42	77	4	0	54	110	90		
BRODOWSKI	18_14	03/01/08	Guarani	860	565	303	0	0	0			565		
BURITIZAL	19_17	09/01/08	Guarani	670	272	82	122	50	1	113	262			
ÇAÇAPAVA	21_15	04/01/08	Taubaté	565	210	47	62	123	8	93	196	210		
CAIABU	22_16	09/01/08	Bauru (K2vp)	480	189	45	87	34	1	85	185	189	143	101
CAJAMAR	209_4	10/01/08	Cristalino (NP3st)		100									
CAJOBI	23_13	09/01/08	Bauru (K2vp)		124	67	85	12						
CÂNDIDO RODRIGUES	24_16	09/01/08	Bauru (K2vp)	560	110	36	80	21	0	66	104	110	68	24
CAPELA DO ALTO	25_14	10/01/07	Tubarão	555	390	0	117	58	0	220	319	390		
CATIGUÁ	31_16	09/01/08	Bauru (K2vp)	480	102	26	58	17	1	15	102	102	76	44
CESÁRIO LANGE	27_14	04/01/08	Tubarão	620	280	21	127	32	0	220	276	280		
CLEMENTINA	28_14	09/01/07	Bauru (K2vp)	460	94	33	75	14	0	22	85	94	61	19
COLÔMBIA	29_16	09/01/08	Serra Geral	500	150	2	2	26	1			150		
COTIA	171_10	11/01/07	Cristalino		230									
CRAVINHOS	30_15	09/01/08	Guarani	0	240	214	222	31	3			240		
DIRCE REIS	26_20	09/01/08	Bauru (K2sa e K2vp)	400	101	26	72	12	0	47	98	101	74	28
DOIS CÓRREGOS	32_16	09/01/08	Guarani	720	558	175	245	147	2	467	539	558		
DOURADO	33_15	10/01/08	Serra Geral	0	120	0	90	12	0			120		

Anexo 2 - Amostras representativas dos poços selecionados e seus principais parâmetros construtivos e produtivos

Município	Amostra	Data	Aquifero	Cota m	Prof Poco m	NE m	ND m	Q m3/s	Qesp m3/s	Topofil m	Basefil m	Prof Bomba m	Espe Aquifero m	Espe -ND m
DRACENA	34_16	09/01/08	Bauru (K2sa e K2vp)	410	180	65	86	66	3	70	170	180	115	94
DUMONT	35_16	09/01/08	Guarani	0	359	104	0	0	0	240	341	359		
ELIAS FAUSTO	36_16	09/01/08	Tubarão	570	171	6	48	28	1	42	162	171		
EMBU	180_9	11/01/07	Cristalino		0	0								
EMBU-GUAÇU	184_6	11/01/07	Cristalino	774	150	1	26	42	2					
ESTRELA DO NORTE	37_15	09/01/08	Bauru (K2vp)	410	172	84	153	13	0	122	162	172	79	10
FERNANDO PRESTES	38_7	09/01/08	Bauru (K2vp)	520	108	26	56	16	1	31	81	70	81	51
FLOREAL	39_13	09/01/08	Bauru (K2vp)	450	107	12	89	18	0			100		
FLÓRIDA PAULISTA	40_14	09/01/07	Bauru (K2vp)	390	200	14	120	23	0	81	156	200	186	80
GÁLIA	41_19	09/01/08	Bauru (K2m e K2vp)	560	250	13	118	26	0	132	194	250	219	114
GENERAL SALGADO	42_15	03/01/08	Bauru (K2vp)	490	174.42	23	122	5	0	21	163	132	150	51
GUARÁ	43_15	03/01/08	Guarani	590	436	59	96	148	4	267	428	436		
GUARAÇAI	44_15	09/01/08	Bauru (K2sa e K2vp)	445	172	52	108	21	0	56	152	172	120	64
GUARIBA	45_16	09/01/08	Guarani	590	600	97	0	0	0	220	591	600		
GUARULHOS 169	169_8	11/01/07	São Paulo		222									
GUARULHOS 170	170_12	11/01/07	São Paulo		256									
GUZOLÂNDIA	46_16	09/01/08	Bauru (K2vp)	460	211	35	136	16	0	115	183	211	163	62
IBATÉ	48_14	09/01/07	Guarani		999					201	327			
INDIANA	50_11	09/01/08	Bauru (K2sa e K2vp)		173									
INDIAPORÁ	51_16	09/01/08	Bauru (K2vp)	460	98	30	78	5	0	42	87	98	55	7
INUBIA PAULISTA	52_17	03/01/08	Bauru (K2sa e K2vp)	465	220	42	142	27	0	70	192	220	169	68
IPERÓ	151_11	04/01/08	Tubarão	578	282	47	91	50	1			120		
IRAPURU	54_16	09/01/08	Bauru (K2sa)	426	196	64	98	20	1	60	190	196	132	98
ITAPETINGA	55_16	10/01/07	Tubarão	640	250	35	82	26	1	102	225	133		
ITAPIRA	56_15	09/01/08	Cristalino	680	113	2	79	25	0			113		
ITIRAPINA 57	57_14	10/01/08	Guarani	770	100	28	42	6	0			100		
ITIRAPINA 58	58_14	09/01/08	Guarani	770	110	0	29	132	5	40	107	110		
JALES	59_15	09/01/08	Bauru (K2sa e K2vp)	460	145	19	85	38	1	36	142	145	124	58
JAMBEIRO	60_14	04/01/07	Cristalino	650	199	0	14	47	3			199		
JARDINÓPOLIS	61_15	09/01/08	Guarani		336	123	142	175	0			336		
JARINU	62_16	09/01/08	Cristalino	780	200	0	105	3	0			200		
LIMEIRA 153	153_12	09/01/08	Tubarão	645	540	106	149	57	1	176	488	172		
LIMEIRA 177	177_12	09/01/08	Tubarão		100									
LINDÓIA	181_9	10/01/08	Cristalino		220	191	35	3	0					
LUIS ANTÔNIO	63_14	09/01/07	Guarani	695	174	68	74	36	6	74	167	174		

Anexo 2 - Amostras representativas dos poços selecionados e seus principais parâmetros construtivos e produtivos

Município	Amostra	Data	Aquifero	Cota m	Prof Poco m	NE m	ND m	Q m3/s	Qesp m3/s	Topofil m	Basefil m	Prof Bomba m	Espress Aquifero m	Espress -ND m
MACATUBA	64_15	03/01/08	Guarani	500	258	19	47	88	3	136	248	258		
MACEDÔNIA	65_16	10/01/08	Bauru (K2vp)	510	178	22	112	14	0	55	146	178	150	60
MARIÁPOLIS	66_16	09/01/08	Bauru (K2sa)	400	231	35	97	17	0	102	220	231	196	134
MARÍLIA 206	206_4	03/01/08	Guarani		500									
MARÍLIA 207	207_5	09/01/08	Guarani		500									
MARINÓPOLIS	67_13	03/01/07	Bauru (K2vp)	425	156	15	107	14	0	68	129	156	139	47
MATÃO	68_17	09/01/08	Guarani	605	456	115	138	80	3	365	443	456		
MIRASSOL	69_13	03/01/07	Bauru (K2vp)	560	221	71	132	36	1	32	215	221	150	89
MOGI DAS CRUZES	173_4	03/01/05	Cristalino		250									
MOGI GUAÇU	70_19	09/01/08	Tubarão	640	150	39	68	7	0	15	150	150		
MOMBUCA	71_16	09/01/08	Tubarão	600	300									
MONTE ALTO	72_16	09/01/08	Bauru (K2vp)	640	140	89	124	3	0	53	116	140	47	12
MONTE CASTELO	73_16	09/01/08	Bauru (K2sa)	330	100	17	51	27	1	32	98	100	83	49
MONTE MOR	74_15	09/01/08	Tubarão	540	350	7	97	24	0			350		
MORRO AGUDO	75_14	10/01/07	Serra Geral	0	224	64	88	20	0			224		
MURITINGA DO SUL	76_20	09/01/08	Bauru (K2sa e K2vp)	412	140	15	48	14	0	35	130	140	125	92
NOVA CANAÃ PAULISTA	77_16	09/01/08	Bauru (K2sa)	375	96	19	53	42	1	53	89	96	71	37
NOVA GRANADA	78_13	09/01/08	Bauru (K2vp)	470	84	0	74	12	0	20	79	84	84	10
NOVA INDEPENDÊNCIA	79_14	09/01/07	Bauru (K2sa)	320	91	7	26	20	1	32	84	91	79	60
NOVA LUZITÂNIA	81_16	09/01/08	Bauru (K2vp)	460	100	40	90	4	0	52	93	100	56	6
ORIENTE	85_19	09/01/08	Bauru (K2m e K2vp)	605	264	145	183	11	0	51	244	264	118	79
ORLÂNDIA	86_16	09/01/08	Guarani	660	450	157	173	169	11	206	375	450		
PALMARES PAULISTA	87_16	09/01/08	Bauru (K2vp)	565	120	44	84	20	0	55	112	120	73	33
PANORAMA	88_16	09/01/08	Bauru (K2sa)	0	107	42	72	20	1	64	100	107	65	35
PARAPUÁ	90_21	09/01/09	Bauru (K2vp)	460	180	22	94	26	0	55	128	180	157	85
PAULÍNIA	199_13	04/01/08	Tubarão		0	0								
PEDERNEIRAS 92	92_16	09/01/08	Guarani	495	170	31	0	0	0			170		
PEDERNEIRAS 93	93_16	09/01/08	Serra Geral	460	237	2	108	14	0			237		
PEDRA BELA	94_15	04/01/08	Cristalino	1100	180	0	70	22	0			180		
PEDRANÓPOLIS	95_13	09/01/08	Bauru (K2vp)		141	24	113	7						
PEDREGULHO	96_15	03/01/08	Guarani	660	122	11	81	7	0	49	116	122		
PIACATU	97_16	09/01/08	Bauru (K2sa e K2vp)	425	150	14	93	12	0	88	142	150	130	51
PIEDADE 98	98_14	10/01/07	Cristalino	750	251	1	36	46	1			251		
PIEDADE 99	99_14	10/01/07	Cristalino	750	180	1	30	30	0			180		

Anexo 2 - Amostras representativas dos poços selecionados e seus principais parâmetros construtivos e produtivos

Município	Amostra	Data	Aquifero	Cota m	Prof POCO m	NE m	ND m	Q m <sup>3</sup> /s	Qesp m <sup>3</sup> /s	Topofil m	Basefil m	Prof Bomba m	Espeçs Aquifero m	Espeçs -ND m
PIRAPOZINHO	100_16	09/01/08	Bauru (K2vp)	440	228	13	113	24	0	59	196	228	191	91
PITANGUEIRAS	101_14	10/01/07	Serra Geral	0	250	40	140	15	0			250		
POÁ	178_4	03/01/05	Cristalino		100									
POMPÉIA 102	102_9	09/01/03	Bauru (K2m e K2vp)	570	259	120	180	10	0	70	251	259	138	78
POMPÉIA 203	203_5	09/01/08	Bauru (K2vp)	563	240	134	169	8	0	52	233			
POMPÉIA 211	211_6	09/01/08	Bauru (K2m e K2vp)		100									
POTIRENDABA	103_15	09/01/08	Bauru (K2vp)	485	120	26	85	8	0	45	115	120	94	35
PRESIDENTE ALVES	104_15	03/01/08	Bauru (K2vp)	500	80	22	69	13	1	72	76	80	54	7
PRESIDENTE VENCESLAU	106_16	09/01/08	Bauru (K2sa)	420	238	74	120	66	1	141	233	238	163	117
QUATÁ	107_16	09/01/08	Bauru (K2sa e K2vp)	544	148	30	102	50	1	35	108	148	117	45
RANCHARIA	108_15	09/01/08	Bauru (K2sa)	440	108	22	53	31	1	28	93	108	84	53
REDEÇÃO DA SERRA	109_10	09/01/04	Cristalino	720	160	6	90	9	0			160		
REGENTE FEIJÓ 110	110_6	09/01/03	Bauru (K2sa)	510	255	75	150	11	0	200	247	255	143	68
REGENTE FEIJÓ 188	188_7	09/01/08	Serra Geral	530	274	90	162	44	1	85	269			
RIBEIRÃO BONITO	111_7	09/01/02	Guarani		85	52	58	20	0			85		
RIBEIRÃO PRETO	114_15	09/01/08	Guarani		234	35	56	229	0			234		
RINCÃO	115_16	09/01/08	Guarani	580	205	61	86	52	2	121	205	205		
RIO GRANDE DA SERRA	192_8	10/01/08	Cristalino		0	0								
ROSEIRA 116	116_5	09/01/01	Cristalino (NP3sr)	0	196	9	0	0	0			196		
ROSEIRA 201	201_5	01/04/08	Taubaté	494	196	9	46	72	2	160	193	73		
SAGRES	117_15	03/01/08	Bauru (K2vp)	420	140	39	73	15	1	111	131	140	98	64
SALES OLIVEIRA 118	118_16	09/01/08	Guarani	750	550	247	269	150	4	355	529	550		
SALES OLIVEIRA 119	119_16	09/01/08	Serra Geral	0	115	15	29	132	9	30	70	115		
SALMOURÃO	156_11	03/01/08	Serra Geral	395	200	95	99	22	20			150		
SANTA CRUZ DA ESPERANÇA	121_16	09/01/08	Guarani	600	202	55	112	24	0	177	194	202		
SANTA LÚCIA	122_14	09/01/08	Guarani	635	250	100	140	41	1	149	237	250		
SANTA MERCEDES	123_16	09/01/08	Bauru (K2vp)	350	160	23	32	28	4	82	153	160	130	121
SANTANA DO PARNAIBA 166	166_5	04/01/05	Cristalino	710	83,64	4	8	126	30	38	83	30		
SANTANA DO PARNAIBA 167	167_7	10/01/06	Cristalino	760	200	1	71	10	0			120		

Anexo 2 - Amostras representativas dos poços selecionados e seus principais parâmetros construtivos e produtivos

Município	Amostra	Data	Aquífero	Cota m	Prof POCO m	NE m	ND m	Q m <sup>3</sup> /s	Qesp m <sup>3</sup> /s	Topofil m	Basefil m	Prof Bomba m	Espeç Aquífero m	Espeç -ND m
SÃO BERNARDO DO CAMPO	190_5	11/01/07	Cristalino		0	0								
SÃO JOÃO DAS DUAS PONTES	125_16	09/01/08	Bauru (K2vp)		120	56	115	10	0	90	114	120	61	2
SÃO JOAQUIM DA BARRA	126_16	09/01/08	Guarani	700	589	140	220	186	2	334	581	589		
SÃO JOSÉ DO RIO PRETO 127	127_10	09/01/05	Bauru (K2vp)	540	130	22	60	13	0	28	68	130	108	70
SÃO JOSÉ DO RIO PRETO 202	202_2	09/01/06	Guarani	532	1301	92	112	245	0	721	1292	1301		
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS 128	128_17	04/01/08	Taubaté	600	161	72	100	97	3	78	153	161		
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS 129	129_11	09/01/04	Taubaté	570	227	60	87	109	4	137	189	227		
SÃO MANUEL	159_11	03/01/08	Guarani	660	430	115		222	4	163	386	197		
SÃO MIGUEL ARCANJO 131	131_17	10/01/08	Cristalino	720	151	2	12	53	5			151		
SÃO MIGUEL ARCANJO 132	132_16	10/01/07	Tubarão	590	117	0	56	11	0	30	59	117		
SÃO PAULO 161	161_6	10/01/05	Cristalino (NP3sr)		102	6	11	15	3			24		
SÃO PAULO 162	162_10	11/01/07	Cristalino	722	320	34	200	2	0			250		
SÃO PAULO 164	164_9	04/01/07	Cristalino		0									
SÃO PAULO 165	165_5	04/01/05	Cristalino	730	29	11	18	22				24		
SÃO PAULO 183	183_6	11/01/07	Cristalino	780	240	0	143	34	0			150		
SÃO ROQUE 154	154_6	04/01/06	Cristalino	940	0	0		2						
SÃO ROQUE 155	155_9	11/01/07	Cristalino		186	14	135	8	0	32	186	152		
SARAPUÍ	135_17	04/01/08	Tubarão	605	303	0	58	57	1	197	253	303		
SARUTAÍÁ	136_13	04/01/07	Guarani	750	152	8	26	26	1	72	141	152		
SERRA AZUL	137_12	09/01/06	Serra Geral	600	196	7	75	58	1	58	191	196		
SERRANA	138_16	09/01/08	Guarani	560	170	10	16	36	6			170		
SERTÃOZINHO	139_15	09/01/08	Guarani	560	306	75	91	200	0	118	293	306		
SUD MENNUECCI	141_16	09/01/08	Bauru (K2sa)	370	179	37	119	7	0	67	144	179	141	59
TABAPUÁ	83_11	03/01/06	Bauru (K2vp)	540	100	35	61	35	1	34	92	100	65	39
TAQUARITINGA	204_9	09/01/08	Guarani	540	565	63	130	375	0	282	501	176		
TATUI	143_14	04/01/08	Tubarão	540	101	3	13	14	1			101		
TEODORO SAMPAIO	144_16	09/01/08	Bauru (K2sa)	340	156	70	97	123	5	78	150	156	84	57
TUIUTI	145_16	09/01/08	Cristalino	800	141	1	86	17	0			90		
TUPÁ	146_18	09/01/07	Bauru (K2m e K2vp)	490	122	10	30	30	1	38	114	122	112	92
UCHOA	147_16	09/01/08	Bauru (K2vp)	510	130	30	64	14	0	36	120	130	100	67
VALINHOS	148_12	09/01/06	Cristalino		150	2	43	19	0	20	46	0		
VALPARAÍSO	149_20	09/01/08	Bauru (K2sa e K2vp)	440	187	30	123	11	0	66	166	187	156	63

Anexo 3 - Análises da série histórica de monitoramento da CETESB para o poço de Gália,

Amostra	Data	pH U <sub>p</sub> H	Calc Alk mg/l CaCO <sub>3</sub>	Ba mg/l	K mg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	HCO <sub>3</sub> mg/l	CO <sub>3</sub> mg/l	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/g	NO <sub>3</sub> mg/l	E.A. %
41_1	09/01/1999	8,5	104,06	0,70	2,50	16,60	26,0	8,6	126,88	0	0,39	<10,00	<0,30	9,62
41_3	09/01/2000	8,2	141,09	0,85	2,10	17,00	21,0	7,0	172,02	0	0,37	<10,00	<0,30	-11,23
41_4	03/01/2001	8,5	118,07	0,61	2,50	11,00	20,1	7,6	140,30	3,6	1,08	<10,00	<0,30	-8,85
41_5	09/01/2001	8,3	154,10	1,18	2,50	<0,01	36,1	15,7	187,88	0	0,59	<10,00	0,40	-2,08
41_6	03/01/2002	7,7	109,07	0,81	2,38	13,50	22,4	7,0	132,98	0	0,05	<10,00	<0,30	-0,88
41_7	09/01/2002	7,4	137,08	0,95	2,52	15,10	33,5	9,7	167,14	0	0,25	<10,00	0,30	-5,72
41_8	05/01/2003	8,4	119,07	1,05	2,55	10,80	27,3	11,6	140,30	4,8	0,25	<10,00	<0,30	4,78
41_9	09/01/2003	8,0	114,07	0,62	2,43	16,70	21,2	8,8	139,08	0	0,38	<10,00	<0,30	1,33
41_11	09/01/2004	8,0	111,07	0,84	2,32	15,60	22,7	9,1	135,42	0	0,15	<10,00	<0,30	3,68
41_13	09/01/2005	8,1	114,07	0,83	2,36	16,20	21,1	8,8	139,08	0	0,20	<10,00	<0,30	1,02
41_14	05/01/2006	8,1	126,08	0,85	2,35	15,80	24,0	8,8	153,72	0	<1,20	<10,00	<0,20	-1,62
41_15	09/01/2006	8,2	110,07	0,78	2,19	15,10	19,7	8,1	134,20	0	0,15	<10,00	<0,30	-0,93
41_16	03/01/2007	8,2	112,07	0,64	2,09	17,00	18,3	7,2	136,64	0	0,30	<10,00	0,73	-3,48
41_17	09/01/2007	8,2	115,07	0,62	2,14	16,70	18,0	7,2	140,30	0	0,30	<10,00	<0,30	-5,05
41_18	03/01/2008	7,9	134,08	0,98	2,60	11,00	25,0	10,0	163,48	0	0,40	<2,00	0,40	-1,92
41_19	09/01/2008	8,1	117,07	0,64	2,48	17,00	19,2	7,6	142,74	0	0,40	<2,00	0,12	0,35
41_20	09/01/2009	7,9	92,13	0,63	2,31	17,30	18,9	7,5	112,40	0	0,24	1,71	0,44	11,60

Anexo 4 - Análises da série histórica de monitoramento da CETESB para o poço de Muritinga do Sul

Amostra	Data	pH U <sub>p</sub> pH	Calc Alk mg/l CacO <sub>3</sub>	Ba mg/l	K mg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	HCO <sub>3</sub> mg/l	CO <sub>3</sub> mg/l	Cl mg/l N	SO <sub>4</sub> mg/g	NO <sub>3</sub> mg/l	EA, %
76_3	03/01/2000	7,0	54,03	1,07	8,90	8,40	31,6	12,30	65,88	0	27,8	<10,00	20,90	13,98
76_6	09/01/2001	7,4	44,03	0,90	8,00		33,0		53,68	0	22,5	<10,00	22,10	-5,42
76_7	03/01/2002	6,9	41,03	0,83	8,20	6,60	31,6	8,00	50,02	0	20,8	<10,00	16,40	18,71
76_12	09/01/2004	7,0	50,03	0,59	5,96	4,78	25,2	9,05	61,00	0	12,6	<10,00	11,60	14,94
76_15	05/01/2006	6,8	70,04	0,30	6,18	4,56	27,7	6,10	85,40	0	6,6	<10,00	6,31	8,15
76_17	03/01/2007	7,0	63,04	0,29	6,09	4,45	22,7	5,91	76,86	0	5,6	<10,00	5,79	6,71
76_18	09/01/2007	7,4	64,04	0,26	5,79	4,27	21,2	5,62	78,08	0	6,3	<10,00	4,65	3,30
76_20	09/01/2008	7,0	48,03	0,50	6,92	4,75	19,9	8,72	58,56	0	17,0	<2,00	6,59	14,02

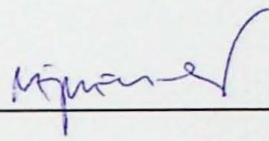
Anexo 5 - Análises referentes ao ensaio de bombeamento de 24 horas no poço de Gália.

Amostra	Tempo bomb. minutos	Cond $\mu\text{S/cm}$	pH U:pH	Alcal. Total mg/l CacO3	Ba mg/l	K mg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l	Na mg/l	HCO3 mg/l	NO3 mg/l	SO4 mg/l	Cl mg/l
CETESB41	15	353	7,7	161,4	1,60	1,5	0,84	32	12,0	1,5	0,84	197,0	2,20	0,16	0,57
CETESB42	30	316	7,7	161,4	1,50	1,5	0,98	32	12,0	1,5	0,98	197,0	2,10	0,15	0,53
CETESB43	60	310	7,7	166,5	1,60	1,6	1,30	32	11,0	1,6	1,30	203,1	2,10	0,15	0,53
CETESB44	180	316	7,8	166,5	1,50	1,6	2,70	31	11,0	1,6	2,70	203,1	2,20	0,18	0,56
CETESB45	360	407	7,9	156,4	1,20	1,8	5,70	31	10,0	1,8	5,70	190,8	1,60	0,33	0,44
CETESB46	540	329	7,9	136,2	0,86	1,7	9,90	20	8,3	1,7	9,90	166,2	0,38	0,60	0,13
CETESB47	720	833	8,0	121,1	0,78	1,7	23,00	19	7,7	1,7	23,00	147,7	0,52	1,20	0,18
CETESB48	1080	330	7,9	121,1	0,72	1,7	22,00	18	7,3	1,7	22,00	147,7	0,45	1,30	0,17
CETESB49	1440	412	8,0	121,1	0,69		23,00	18	7,3	-	23,00	147,7	0,44	1,30	0,17

Anexo 6 - Resultados da campanha de amostragem realizada em acompanhamento da CETESB na região de Marília (SP).

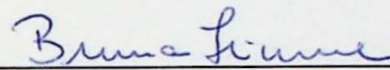
Poço	Laboratório	Temp, °C	Cond, µS/cm	pH U,pH	Ba mg/l	K mg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	HCO3 mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	NO3 mg/l
GÁLIA 41	CETESB	23,5	228,3	7,9	0,63	2,3	17,3	18,9	7,54	115,00	0,40	2,67	
GÁLIA 41	CEPAS-IGc	23,5	228,3	7,7	0,45	2,5	18,2	11,0	4,76	112,40	0,24	1,71	0,44
ORIENTE 85	CETESB	25,0		7,0	0,60	2,3	8,1	36,0	8,58	158,00	1,70	10,00	
ORIENTE 85	CEPAS-IGc	25,1	284,0	7,2	0,48	2,6	8,5	35,4	9,49	243,78	1,61	0,10	7,22
PARAPUÁ 90	CETESB	25,0	156,6	5,8	0,54	7,7	3,5	10,2	5,38	20,00	7,50	10,00	
PARAPUÁ 90	CEPAS-IGc	24,9	156,6	5,6	0,53	8,0	3,9	10,2	5,52	10,16	7,65	0,03	45,11
QUATÁ 107	CETESB	24,0		6,7	0,33	3,7	2,6	23,2	4,88	96,00	0,90	10,00	
QUATÁ 107	CEPAS-IGc	24,0	186,6	6,7	0,73	3,9	2,9	23,0	5,05	117,02	0,68	0,15	2,38
RANCHARIA 108	CETESB	25,0		6,0	0,12	2,7	0,6	5,9	1,16	25,00	0,40	10,00	
RANCHARIA 108	CEPAS-IGc	25,0	53,7	6,1	0,16	2,9	0,5	6,0	1,15	39,01	0,20	0,01	1,59
TUPÁ 146	CETESB	24,5	162,6	6,0	0,40	4,9	2,2	16,0	4,22	44,00	4,40	10,00	
TUPÁ 146	CEPAS-IGc	24,6	162,6	5,9	0,61	4,7	2,5	15,8	4,25	24,36	4,84	0,44	34,33
POMPÉIA 203	CETESB	24,0	499,0	7,0	0,42	2,8	2,9	82,0	13,40	243,00	4,60	10,00	
POMPÉIA 203	CEPAS-IGc	24,3	499,0	6,8	0,67	3,0	3,3	59,9	10,93	68,73	4,29	1,85	18,57
POMPÉIA 211	CETESB	24,3	444,0	7,3	0,77	2,3	3,3	66,0	23,80	241,00	5,30	10,00	
POMPÉIA 211	CEPAS-IGc	25,0	444,0	7,1	1,19	2,6	3,9	55,1	21,44	78,21	6,19	0,94	9,81

De acordo,



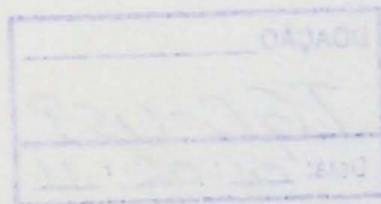
---

Prof. Dr. Reginaldo Antonio Bertolo



---

Bruna Fiume



DOAÇÃO \_\_\_\_\_  
TGC-USP  
Data: 01/02/11

